

硼碳氮纳米管/聚苯胺复合材料和氮化硼纳米管阵列的合成、表征及性能 孟焯勇 指导教师 谢素原教授 黄荣彬教授 郑兰荪院士 厦门大学

厦门大学博硕士学位论文摘要库

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学号: 20520071150973

UDC\_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硼碳氮纳米管/聚苯胺复合材料和氮化硼纳  
米管阵列的合成、表征及性能

Syntheses, Characterizations and Properties of  
Boron Carbonitride Nanotubes/Polyaniline Composites  
and Boron Nitride Nanotube Arrays

孟 焯 勇

指导教师姓名: 谢 素 原 教 授

黄 荣 彬 教 授

郑 兰 荪 院 士

专 业 名 称: 无 机 化 学

论文提交日期: 2010 年 4 月

论文答辩日期: 2010 年 月

学位授予日期: 2010 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2010 年 4 月



**Syntheses, Characterizations and Properties of Boron  
Carbonitride Nanotubes/Polyaniline Composites and Boron  
Nitride Nanotube Arrays**

A Dissertation Submitted to the Graduate School in Partial Fulfillment  
of the Requirements for the Degree of Master Philosophy

By

**Ye-Yong Meng**

Supervised by

**Prof. Su-Yuan Xie & Prof. Rong-Bin Huang & Lang-Sun Zheng**

Department of Chemistry

Xiamen University

April, 2010

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 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库



摘 要.....	I
Abstract.....	III
第一章 绪 论 .....	1
§ 1.1 氮化硼纳米管的简介.....	1
§ 1.2 氮化硼纳米管的结构.....	2
§ 1.3 氮化硼纳米管的物理性质.....	4
§ 1.3.1 电学性质.....	4
§ 1.3.2 热稳定性.....	5
§ 1.3.3 热传导.....	6
§ 1.3.4 机械力学性能.....	7
§ 1.4 氮化硼纳米管的合成.....	7
§ 1.4.1 电弧放电法.....	8
§ 1.4.2 电弧熔融法.....	9
§ 1.4.3 激光蒸发(或烧蚀)法.....	9
§ 1.4.4 机械球磨法.....	10
§ 1.4.5 碳纳米管取代反应法.....	11
§ 1.4.6 化学气相沉积法.....	13
§ 1.4.7 其他方法.....	15
§ 1.5 氮化硼纳米管阵列的制备方法.....	15
§ 1.5.1 模板法制备氮化硼纳米管阵列.....	16
§ 1.5.2 化学气相沉积法制备氮化硼纳米管阵列.....	17
§ 1.6 氮化硼纳米管的掺杂、填充和功能化.....	19
§ 1.6.1 掺杂.....	19
§ 1.6.2 填充.....	19
§ 1.6.3 功能化.....	20
§ 1.7 氮化硼纳米管的应用.....	22
§ 1.7.1 氮化硼纳米复合材料.....	22
§ 1.7.2 纳米电子绝缘体.....	23
§ 1.7.3 储氢性能.....	24
§ 1.7.4 氮化硼纳米管负载的玻璃和陶瓷.....	24
§ 1.7.5 氮化硼纳米管在生物医药方面的应用.....	25
§ 1.8 本论文的选题依据和研究内容.....	26

参 考 文 献.....	28
<b>第二章 硼碳氮纳米管/高分子复合材料的制备、表征与性能研究.</b>	<b>37</b>
§ 2.1 引言.....	37
§ 2.2 实验部分.....	38
§ 2.2.1 化学试剂.....	38
§ 2.2.2 实验装置.....	38
§ 2.2.3 样品合成.....	39
§ 2.2.4 仪器表征.....	40
§ 2.3 实验结果与讨论.....	41
§ 2.3.1 硼碳氮纳米管的表征.....	41
§ 2.3.2 氧化硼碳氮纳米管的表征.....	44
§ 2.3.3 硼碳氮纳米管和聚苯胺高分子复合材料的表征.....	48
§ 2.3.4 实验条件对样品合成的影响.....	50
§ 2.3.5 硼碳氮纳米管的生长机制.....	54
§ 2.4 本章小结.....	56
参 考 文 献.....	57
<b>第三章 氮化硼纳米管阵列的制备与表征.....</b>	<b>59</b>
§ 3.1 引言.....	59
§ 3.2 实验部分.....	60
§ 3.2.1 化学试剂.....	60
§ 3.2.2 实验装置.....	60
§ 3.2.3 样品合成.....	61
§ 3.2.4 仪器表征.....	62
§ 3.3 结果与讨论.....	62
§ 3.3.1 碳纳米管阵列的表征.....	62
§ 3.3.2 氮化硼纳米管阵列的表征.....	63
§ 3.3.3 实验条件对氮化硼纳米管阵列的影响.....	66
§ 3.3.4 氮化硼纳米管阵列的生长机制.....	70
§ 3.4 本章小结.....	72
参 考 文 献.....	73
<b>第四章 富勒烯和金属内嵌富勒烯的合成与表征.....</b>	<b>75</b>
§ 4.1 引言.....	75
§ 4.2 含相邻五元环富勒烯的优化合成.....	77
§ 4.2.1 实验部分.....	78
§ 4.2.2 结果与讨论.....	85

§ 4.3 本章小结.....	96
参 考 文 献.....	97
附录 在学期间发表专利及论文.....	101
致 谢.....	103

厦门大学博硕士论文摘要库

<b>Abstract in Chinese</b> .....	I
<b>Abstract in English</b> .....	III
<b>Chapter I Introduction</b> .....	1
<b>§ 1.1 Introduction of BN Nanotube</b> .....	1
<b>§ 1.2 Structure of BN Nanotubes</b> .....	2
<b>§ 1.3 Physical Properties of BN Nanotubes</b> .....	4
§ 1.3.1 Electrical Properties .....	4
§ 1.3.2 Thermal Stability .....	5
§ 1.3.3 Thermal Conductivity .....	6
§ 1.3.4 Mechanical Properties .....	7
<b>§ 1.4 Syntheses of BN Nanotubes</b> .....	7
§ 1.4.1 Arc Discharge .....	8
§ 1.4.2 Arc Melting .....	9
§ 1.4.3 Laser Ablation .....	9
§ 1.4.4 Ball Milling .....	10
§ 1.4.5 Template-Confined Growth .....	11
§ 1.4.6 Chemical Vapor Deposition .....	13
§ 1.4.7 Other Methods .....	15
<b>§ 1.5 Syntheses of BN Nanotube arrays</b> .....	15
§ 1.5.1 Template-Confined Growth .....	16
§ 1.5.2 Chemical Vapor Deposition .....	17
<b>§ 1.6 Doped, Filled and Functionalized BN Nanotubes</b> .....	19
§ 1.6.1 Dopping .....	19
§ 1.6.2 Filling .....	19
§ 1.6.3 Functionalization .....	20
<b>§ 1.7 Application of BN nanotubes</b> .....	22
§ 1.7.1 BNNT Polymer Composites .....	22
§ 1.7.2 Electrical Nano-Insulators .....	23
§ 1.7.3 Gas Adsorption .....	24
§ 1.7.4 BNNT-Loaded Glasses and Ceramis .....	24
§ 1.7.5 BNNT in biomedical applications .....	25
<b>§ 1.8 Research signification and research plan</b> .....	26
<b>References</b> .....	28

<b>Chapter II Synthesis and characterization of o-BCNNTs/PANI</b> .....	37
§ 2.1 Introduction .....	37
§ 2.2 Experimental section .....	38
§ 2.2.1 Chemical reagents .....	38
§ 2.2.2 Experimental instruments .....	38
§ 2.2.3 Synthesis of samples .....	39
§ 2.2.4 Characterization tools .....	40
§ 2.3 Results and discussion .....	41
§ 2.3.1 Characterization of boron carbonitride nanotubes .....	41
§ 2.3.2 Characterization of oxidized boron carbonitride nanotubes .....	44
§ 2.3.3 Characterization of o-BCNNTs/PANI .....	48
§ 2.3.4 Influence of experimental conditions .....	50
§ 2.3.5 Growth mechanism of BCN nanotubes .....	54
§ 2.4 Conclusions .....	56
References .....	57
<b>Chapter III Synthesis and characterization of BN Nanotubes</b> .....	59
§ 3.1 Introduction .....	59
§ 3.2 Experimental section .....	60
§ 3.2.1 Chemical reagents .....	60
§ 3.2.2 Experimental instruments .....	60
§ 3.2.3 Synthesis of samples .....	61
§ 3.2.4 Characterization tools .....	62
§ 3.3 Results and discussion .....	62
§ 3.3.1 Characterization of carbon nanotube arrays .....	62
§ 3.3.2 Characterization of BN nanotube arrays .....	63
§ 3.3.3 Influence of experimental conditions .....	66
§ 3.3.4 Growth mechanism of BN nanotube arrays .....	70
§ 3.4 Conclusions .....	72
References .....	73
<b>Chapter IV Synthesis and characterization of fullerene and endohedral metallofullerene</b> .....	75
§ 4.1 Introduction .....	75
§ 4.2 Optimized synthesis of non-IPR fullerenes and fullerenes .....	77
§ 4.2.1 Experimental section .....	78
§ 4.2.2 Results and discussion .....	85

<b>§ 4.3 Conclusions</b> .....	96
<b>References</b> .....	97
<b>Appendix</b> .....	103
<b>Acknowledgement</b> .....	105

厦门大学博硕士论文摘要库

## 摘要

氮化硼纳米管在结构上虽然和碳纳米管非常相似，但是在许多性能方面的表现却不同于甚至优于碳纳米管。例如，氮化硼纳米管具有超强的抗氧化性、高的杨氏模量、高的热导、电绝缘性，这些优良的特性使得氮化硼纳米管在许多领域中有着潜在的应用价值。然而，与碳纳米管相比，氮化硼纳米管虽然近些年来逐渐受到人们的重视，但是很大部分的研究集中在理论计算方面，而制备的研究则大多集中在物理合成方面，氮化硼纳米管的化学合成才刚刚起步。本文从硼碳氮纳米管（氮化硼纳米管的前驱体）的合成与复合、氮化硼纳米管阵列的合成这两大方面展开研究和探索。具体研究成果如下：

以硼酸为硼源、氨气为氮源、碳纳米管为模板，通过高温取代反应成功地制备出硼碳氮纳米管。实验表明，氨气的流速对硼碳氮纳米管的组成具有重大影响，硼氮两种元素在纳米管中所占比例随着氨气流速的增加而逐渐增大。在此基础上，通过对硼碳氮纳米管的表面氧化处理实现了硼碳氮纳米管的键合，从而得到硼碳氮纳米管/聚苯胺核壳型的复合纳米结构。相对于纯聚苯胺，这种硼碳氮纳米管/聚苯胺复合纳米结构的电导率得到了明显的改善，说明硼碳氮纳米管在聚苯胺之间起到电子传递的作用。尤为重要的是，这种硼碳氮纳米管/聚苯胺复合纳米结构的电导率会随着硼碳氮纳米管组成的不同而发生变化，从而克服了传统碳纳米管/聚苯胺复合纳米材料电导率难以调控的缺点。

在合成硼碳氮纳米管的基础上，改用碳纳米管阵列为模板，经过氧化除碳，制备了氮化硼纳米管阵列，并用红外光谱、X-射线粉末衍射、热重分析、扫描电镜和透射电镜等进行了表征。发现调节反应物配比（如氨气流量）可提高氮化硼阵列的纯度、高度和产率，氧化除碳前添加吸氧物质可减少反应产生的氧气避免碳纳米管阵列坍塌，获得较好形貌的氮化硼纳米管阵列。

此外，在传统的石墨电弧富勒烯制备装置中，通过优化微环境（石墨阳极中心密度、填充的石墨粉、石墨阴极形状等），较大幅度地提高了 C<sub>60</sub>、C<sub>70</sub> 的产率，通过比较发现甲苯超声提取富勒烯效率较高。最后，还探索了内嵌镧富勒烯的合成条件，通过质谱和紫外光谱研究发现合成产物中含有一系列内嵌镧富勒烯化合物（La<sub>2</sub>@C<sub>72</sub>、La<sub>2</sub>@C<sub>76</sub>、La@C<sub>80</sub>、La@C<sub>82</sub>、La@C<sub>82</sub>OCH<sub>3</sub>）。

**关键词：**硼碳氮纳米管；氧化；纳米复合材料；氮化硼纳米管阵列；内嵌金属富勒烯

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](#)". 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