

纳米器件物理与化学
教育部重点实验室

年 报

2007

纳米器件物理与化学教育部重点实验室

Key Laboratory for the Physics and Chemistry of Nanodevices

实验室主任：彭练矛 教授

学术委员会主任：解思深 院士

Director of Laboratory:

Chairman of Academic

Professor Lian-Mao Peng, PhD

Committee:

Professor Si Shen Xie, PhD

实验室总体定位和主要研究方向

本实验室主要学术定位为在微电子向纳电子的发展过程中，当器件尺度逐渐接近甚至小于特征自由程、传统的微电子“scaling down”发展方式不再有效时，研究纳电子学进一步发展的可能模式和所面临的基本物理和化学问题，为进一步发展基于新的工作原理的、更小、更快、功能更强大的集成芯片做准备。实验室研究性质基本为有重大应用牵引的基础研究，所有研究都是围绕着基于纳米材料的纳米器件来开展的。目前主要研究方向为：

- 1、基于纳米材料的器件及集成
- 2、纳米材料和结构的物性及功能化
- 3、纳米材料和结构的可控制备
- 4、纳米材料的器件理论

2007 年度总结报告

1、研究水平与贡献

实验室在 2006-2007 年度进一步整合了队伍、凝炼了研究方向，在实验室内加强不同学科的研究人员间的实质性合作，在碳纳米管器件、纳米器件单元材料的性能调控和纳米操纵等几个方面都有了突破，受到国际关注。本年度还完成了两件大事，一是顺利通过了教育部专家组对实验室的评估，并获得了评估专家的高度评价；二是经过艰苦努力终于完成了微纳加工超净实验室的基本建设，为实验室未来的发展打下了基础。研究方面的突出成果有：

(1) 在纳电子器件的制备和性能方面，在国际上首次提出并实现了在单根单壁碳纳米管上通过调节电极金属制备 n 型和 p 型场效应晶体管，并进而实现了反相等碳纳米管器件，器件性能达到了国际先进水平。上述方法比前人所用的掺杂方法可控性更高并有利于集成。研究成果在 Nano Letters 等杂志上发表。

(2) 在纳米结构的原位加工操纵方面，发明了碳纳米管“纳米刀”等一系列纳米加工和纳米操纵方法，并系统研究了单根纳米管、纳米线的性能影响因素。其中“纳米刀”能准确、可控、方便地加工单个纳米管和纳米线，是一种新技术，文章在 Nanotechnology 上作为封面发表并很快被 Nature Nanotechnology, Nature China 和 Small 等杂志评价。

(3) 发展了单壁碳纳米管局域能带调控的三种方法：温度阶跃生长法、图形基底生长法和 SPM 操纵法，为基于轴向能带调控思想的单壁碳纳米管器件集成技术奠定了基础，为碳纳米管电子器件的实用化提供了新的探索思路。主要成果在 Nature Materials, Nano Letters, JACS 等杂志上发表，受到国际同行的关注。

2、队伍建设与人才培养

现有全职固定人员 21 人，其中长江学者 1 人、杰出青年 2 人、教授 7 人、副教授 7 人和副研 2 人。

有在站博士后 7 人、在读博士生 50 余人、在读硕士生 20 余人。

本年度张锦获得国家杰出青年基金资助，侯士敏入选教育部“新世纪人才支持计划”。

3、开放交流与运行管理

实验室人员多次担任国际会议和全国性会议的学术委员会委员、分会主席和程序委员。来自美国、英国等地的国际同行多人次来本实验室做学术报告。

实验室不断健全各种规章制度。

4、实验室大事记

本年度实验室完成了两件大事，一是顺利通过了教育部专家组对实验室的评估，并获得了评估专家的高度评价；二是经过艰苦努力终于完成了微纳加工超净实验室的基本建设，为实验室未来的发展打下了基础。

2007 年实验室承担的科研项目和取得的成果

1、项目：

项目类别	编号	项目名称	负责人	起止时间
重大研究计划面上	90606026	一维纳米材料电学性能的定量研究	彭练矛	2007.1-2009.12
基金重大研究计划	90606032	半导体单壁碳纳米管的 CVD 选择性生长	张锦	2007.1-2007.12
973 (重大科学研究计划)	2006CB932401	碳纳米管结构原位加工、修饰、环境的可控变化、性能实时测量	彭练矛	2006.12-2008.1 1
973 (重大科学研究计划)	2006CB932402	新型碳纳米管器件尤其是新型量子效应器件的加工、评估和集成方法探索	梁学磊	2006.12-2008.1 1
973 (重大科学研究计划)	2006CB932403	新型复合碳纳米管材料的合成、结构和性能调控	李彦	2006.12-2008.1 1
973 (重大科学研究计划)	2006CB932701	碳纳米管的结构调控、生长机制与应用探索	张锦	2006.12-2011.1 1
863 (一般)	2006AA03Z350	基于扫描电镜的原位、实时纳米器件综合测试系统的研制和纳米表面修饰的原位研究	彭练矛	2006.12-2008.1 1
863 (一般)	2006AA05Z107	基于纳米材料的光解水制氢技术研究	郭等柱	2006.12-2008.1 1
自然科学基金	50672002	ZnO 纳米线材料电致紫外激光发射性能与器件研究	张琦峰	2007.1-2009.12
自然科学基金	60671022	金属富勒烯的结构和电学特性及其应用于纳电子器件的研究	申自勇	2007.1-2009.12
自然科学基金	20673004	单壁碳纳米管的可控生长、SPM 操纵及其能带调控	张锦	2007.01-2009.1 2

2、获奖：

张锦作为第二完成人获 2007 年度高校科学技术奖一等奖

3、SCI 论文

序号	题目	作者	刊物名称	年、卷、期、页
1	Temperature-mediated growth of single-walled carbon-nanotube intramolecular junctions	Yao, YG; Li, QW; Zhang, J; Liu, R; Jiao, LY; Zhu, YT; Liu, ZF	NATURE MATERIALS (IF=15.9)	6 (4): 283-286 APR 2007
2	Tip cooling effect and failure mechanism of field-emitting carbon nanotubes	Wei, W; Liu, Y; Wei, Y; Jiang, KL; Peng, LM; Fan, SS	NANO LETTERS (IF= 9.8)	7 (1): 64-68 JAN 2007
3	Resonant Raman spectroscopy of individual strained single-wall	X. J. Duan, H.Son, B. Gao, J. Zhang, T. J. Wu, G. G. Samsonidze, M.S.	NANO LETTERS (IF= 9.8)	7:2116-2121 (2007)

	carbon nanotubes	Dresselhaus, Z. F. Liu, J. Kong		
4	Raman spectral probing of electronic transition energy E-ii variation of individual SWNTs under torsional strain	Gao, B; Duan, XJ; Zhang, J; Wu, TJ; Son, HB; Kong, J; Liu, ZF	NANO LETTERS, (IF= 9.8)	7 (3): 750-753 MAR 2007
5	Ultralow Feeding Gas Flow Guiding Growth of Large-Scale Horizontally Aligned Single-Walled Carbon Nanotube Arrays	Jin, Z; Chu, HB; Wang, JY; Hong, JX; Tan, WC; Li, Y	NANO LETTERS (IF= 9.8)	7(7): 2073-2079 (2007)
6	Two distinct buckling modes in carbon nanotube bending	Duan, XJ; Tang, C; Zhang, J; Guo, WL; Liu, ZF	NANO LETTERS, (IF= 9.8)	7 (1): 143-148 JAN 2007
7	Doping-free Fabrication of Carbon Nanotube Based Ballistic CMOS Devices and Circuits	Z. Y. Zhang, X. L. Liang, S. Wang, K. Yao, Y. F. Hu, Y. Z. Zhu, Q. Chen, W. W. Zhou, Y. Li, Y. G. Yao, J. Zhang, L. M. Peng	NANO LETTERS, (IF= 9.8)	2007
8	Photoluminescence Recovery from Single-Walled Carbon Nanotubes on Substrates	L. M. Xie, C. Liu, J. Zhang, Y. Y. Zhang, L. Y. Jiao, L. Jiang, L. Dai, Z. F. Liu	J. Am. Chem. Soc. (IF=7.7)	129:12382-12383 (2007)
9	Quantitative analysis of current-voltage characteristics of semiconducting nanowires: decoupling of contact effects	Z.Y. Zhang, K. Yao, C.H. Jin, X.L. Liang, Q. Chen and L.-M. Peng	Adv. Func. Mater (IF=6.8).	17 (2007) 2478.
10	REW - exit-wave reconstruction and alignments for focus-variation high-resolution transmission electron microscopy images	Lin, F; Chen, Q; Peng, LM	JOURNAL OF APPLIED CRYSTALLOGRAPHY (IF=5.2)	40: 614-614 Part 3 JUN 2007
11	Fabrication of high performance top-gate complementary inverter using a single carbon nanotube and via a simple process	Hu, YF; Yao, K; Wang, S; Zhang, ZY; Liang, XL; Chen, Q; Peng, LM; Yao, YG; Zhang, J; Zhou, WW; Li, Y	APPLIED PHYSICS LETTERS (IF= 4.1)	90 (22): Art. No. 223116 MAY 28 2007
12	Precise Replication of Antireflective Nanostructures from biotemplates	HJ Gao, ZF Liu, J Zhang, GM Zhang, GY Xie,	APPLIED PHYSICS LETTERS (IF= 4.1)	90(12):1231 15 Mar 19 2007.
13	Proximity and anomalous field-effect characteristics in double-wall carbon nanotubes	Lu, J; Yin, S; Peng, LM; Sun, ZZ; Wang, XR	APPLIED PHYSICS LETTERS (IF= 4.1)	90 (5): Art. No. 052109 JAN 29 2007
14	High speed atomic force microscope lithography driven by electrostatic interaction	Ding, L; Li, Y; Chu, HB; Li, CQ; Yang, ZH; Zhou, WW; Tang, ZK	APPLIED PHYSICS LETTERS (IF= 4.1)	91(2):02312 1 Jul 9 2007,
15	Temperature Coefficients of Raman Frequency of Individual Single-Walled Carbon Nanotubes	Y. Y. Zhang, L. M. Xie, J. Zhang, Z. Y. Wu, Z. F. Liu	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C	111:14031-14034 (2007)
16	Laser-heating effect on Raman spectra of individual suspended single-walled carbon nanotubes	Zhang, YY; Son, H; Zhang, J; Kong, J; Liu, ZF	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C	111 (5): 1988-1992 FEB 8 2007

17	Raman spectra variation of partially suspended individual single-walled carbon nanotubes	Zhang, YY; Son, H; Zhang, J; Dresselhaus, MS; Kong, J; Liu, ZF	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C	111 (5): 1983-1987 FEB 8 2007
18	ZnSe nanobelts and nanowires synthesized by a closed space vapor transport technique	Hu, ZD; Duan, XF; Gao, M; Chen, Q; Peng, LM	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C	111 (7): 2987-2991 FEB 22 2007
19	Quantum yield investigation of Ag-BaO thin film	Yang, H; Chen, SB; Xu, TW; Yang, WG; Wu, JL; Xu, BX; Yu, HF; Xie, XB	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C	111 (8): 3228-3232 MAR 1 2007
20	Raman Spectral Measuring of Growth Rate of Individual Single-Walled Carbon Nanotubes	YG Yao, R Liu, J Zhang, ZF Liu	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C	111 (2007), 8407-8409.
21	High-field electrical transport and breakdown behavior of double-walled carbon nanotube	Wang, S; Liang, XL; Chen, Q; Yao, K; Peng, LM	CARBON (IF=3.4)	45 (4): 760-765 APR 2007
22	Modification of electronic, optical, and magnetic properties of titanate nanotubes by metal intercalation	Xu, XG; Ding, X; Chen, Q; Peng, LM	PHYSICAL REVIEW B (IF=3.2)	75 (3): Art. No. 035423 JAN 2007
23	First-principles calculation on the conductance of a single 1,4-diisocyanatobenzene molecule with single-walled carbon nanotubes as the electrodes	Qian, ZK; Hou, SM; Ning, J; Li, R; Shen, ZY; Zhao, XY; Xue, ZQ	JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS (IF=3.1)	126 (8): Art. No. 084705 FEB 28 2007
24	Effect of the continuity of the pi conjugation on the conductance of ruthenium-octene-ruthenium molecular junctions	Ning, J; Qian, ZK; Li, R; Hou, SM; Rocha, AR; Sanvito, S	JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS (IF=3.1)	126 (17): Art. No. 174706 MAY 7 2007
25	Cutting and sharpening carbon nanotubes using a carbon nanotube 'nanoknife'	Wei, XL; Chen, Q; Liu, Y; Peng, LM	NANOTECHNOLOGY (IF=3.0)	18 (18): Art. No. 185503 MAY 9 2007
26	Synthesis of CdS nanowire networks and their optical and electrical properties	Ma, RM; Wei, XL; Dai, L; Huo, HB; Qin, GG	NANOTECHNOLOGY (IF=3.0)	18 (20): Art. No. 205605 MAY 23 2007
27	Carbon nanotube as the core of conical carbon fiber: fabrication, characterization and field emission property	Zhang, W; Xi, ZH; Zhang, GM; Wang, S; Wang, MS; Wang, JY; Xue, ZQ	APPLIED PHYSICS A-MATERIALS SCIENCE & PROCESSING (IF=2.0)	86 (2): 171-175 FEB 2007
28	A comparative study on SWCNT and DWCNT field-effect transistors	Liang, XL; Wang, S; Duan, XJ; Zhang, ZY; Chen, Q; Zhang, J; Peng, LM	JOURNAL OF NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY (IF=1.9)	7 (4-5): 1568-1572 APR-MAY 2007
29	Spectroscopic evidence and molecular simulation investigation	Zhang, Y; Yuan, SL; Zhou, WW; Xu, JJ; Li, Y	JOURNAL OF NANOSCIENC	7 (7): 2366-2375

	of the pi-pi interaction between pyrene molecules and carbon nanotubes		E AND NANOTECHNOLOGY (IF=1.9)	JUL 2007
30	Structure and applications of titanate and related nanostructures	Chen, Q; Peng, LM	INTERNATIONAL JOURNAL OF NANOTECHNOLOGY (IF=1.9)	4 (1-2): 44-65 2007
31	Electrical and electroluminescence properties of As-doped p-typed ZnO nanorod arrays	Minghua Sun, Qifeng Zhang, Jinlei Wu	JOURNAL OF PHYSICS D (IF=1.9)	40 (2007) 3798-3802.
32	Fabrication of arrays of zinc oxide nanorods and nanotubes in aqueous solution under an external voltage	Yu, LG; Zhang, GM; Li, SQ; Xi, ZH; Guo, DZ	JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH (IF=1.7)	299 (1): 184-188 FEB 1 2007
33	Surfactant-assisted synthesis of helical silica	Li, XM; Wu, YL; Li, Y	INORGANICA CHIMICA ACTA (IF=1.7)	360 (1): 241-245 JAN 1 2007
34	Field emission of individual carbon nanotubes on tungsten tips	Bai, X; Wang, MS; Zhang, GM; Yu, J; Zhang, ZX; Guo, DZ; Zhao, XY; Xue, ZQ	JOURNAL OF VACUUM SCIENCE & TECHNOLOGY B (IF=1.6)	25 (2): 561-565 MAR-APR 2007
35	Adsorption and manipulation of carbon onions on highly oriented pyrolytic graphite studied with atomic force microscopy	Zhou, JF; Shen, ZY; Hou, SM; Zhao, XY; Xue, ZQ; Shi, ZJ; Gu, ZN	APPLIED SURFACE SCIENCE (IF=1.3)	253 (6): 3237-3241 JAN 15 2007
36	a simple method for the synthesis of tungsten trioxide nanorods array without catalyst	Julan Zhang, Gengmin Zhang, Dengzhu Guo, Yue Wu, Zhonghe Xi	Surface Review and Letters	14, No. 4 (2007) 607-610
37	ZnO纳米线双绝缘层结构电致发光器件制备及特性研究	常艳玲, 张琦峰, 吴锦雷	物理学报 (IF=1.3)	56(4), (2007) 2399-2404.
38	Quantitative analysis of defects and domain boundaries in mesoporous SBA-16 films	Wang, RH; Chen, Q; Chen, FR; Kai, JJ; Peng, LM	MICRON (IF=1.3)	38 (4): 362-370 2007
39	Field emission properties of zinc oxide nanowires fabricated by thermal evaporation	Wang, WW; Zhang, GM; Yu, LG; Bai, X; Zhang, ZX; Zhao, XY	PHYSICA E (IF=0.9)	36 (1): 86-91 JAN 2007
40	Nanoelectronic logic circuits with carbon nanotube transistors	Li, PH; Zhang, WJ; Zhang, QF; Wu, JL	ACTA PHYSICA SINICA (IF=0.4)	56 (2): 1054-1060 FEB 2007
41	Synthesis and characterization of a nanocomplex of ZnO nanoparticles attached to carbon nanotubes	Yang, MH; Liang, T; Peng, YC; Chen, Q	ACTA PHYSICO-CHEMICA SINICA (IF=0.4)	23 (2): 145-151 FEB 2007
42	基于氧化锌纳米线的紫外发光二极管	孙辉, 张琦峰, 吴锦雷	ACTA PHYSICA SINICA (IF=0.4)	56(6): 3479-3482 (2007)

4、专利

授权专利:

1. 张学同, 张锦, 刘忠范, “一种导电高分子-碳纳米管纳米电缆及其制备方法”, 专利号: ZL 03 1 57117.4, 授权日: 2007-2-28
2. 张学同, 张锦, 刘忠范, “一种高分子/碳纳米管复合物膜及其制备方法”, 专利号: ZL 2004 1 0096856.X
3. 奚中和, 张耿民, 吴越, 郭等柱, “氧化钨微米管及其制备方法”, 专利号: ZL 200610011721.8, 授权日: 2007-11-21 日

申请专利:

1. 高宏军、刘忠范、现晓军、姚亚刚、张锦、吴忠云, “一种制备碳纳米管电子器件的方法”, 申请号: 200710063106.6
2. 张锦, 张永毅, 张依, 刘忠范, “一种制备半导体性单壁碳纳米管的方法”, 中国发明专利, 申请号: 200710178428.5
3. 张锦, 张永毅, 王星昱, 姜珊, 张依, 刘忠范, “一种生长半导体性单壁碳纳米管的方法”, 中国发明专利, 申请号: 200710179050.0
4. 王金泳, 许军舰, 李彦, “碳纳米管的制备方法”, 申请号: 200710099705.3
5. 张岩, 周薇薇, 金钟, 李彦, “一种直接制备不含金属杂质碳纳米管的方法”, 申请号: 200710107692.X
6. 于利刚, 张耿民, 栾桂东, 张金铎, 郭等柱, “一种氧化锌铁电薄膜的制备方法”, 申请号: 200710119652.7
7. 许胜勇, 张萌, 彭练矛, “一种操纵带电纳米微粒的静电镊”, 申请号: 200710179523.7
8. 梁学磊、张志勇、王胜、姚琨、胡又凡、陈清、彭练矛, “一种碳纳米管纳电子器件及其制备方法”, 申请号: 2007100903624
9. 魏贤龙, 陈清, 彭练矛, “精确测量微小力以及测量微悬臂力常数的方法”, 申请号: 200710178951.8

5、译著:

《碳纳米管——科学与应用》, 刘忠范等, 科学出版社, 2007

6、特邀报告:

- 1) **The interdisciplinary meeting on Electron Microscopy and Multiscale Modelling**, 2007 年 9 月 17-22, Russian Federation, 俄罗斯
“The structure and growth of titanate nanotubes”, 彭练矛
- 2) **The 2nd International Conference on Surfaces, Coatings and Nanostructured Materials**, 2007 年 7 月 9-11, Algarve, Portugal, 葡萄牙
“In-situ fabrication, manipulation and property measurements on single nanotubes and nanowires with near atomic resolution”, 彭练矛
- 3) **In-situ Nanomanipulation Open Day and Workshop**, 2007 年 6 月 25, The University of Sheffield, 英国
“In-situ measuring and modifying carbon nanotubes and nanowires using nanomanipulators inside SEM and TEM”, 陈清

- 4) **International Workshop on One-dimensional Nanostructured Materials: Properties, Devices and NEMS**, 2007 年 6 月 24-17, 南昌
“In-situ fabrication, manipulation and property measurements on single nanotubes and nanowires with near atomic resolution”, 彭练矛
- 5) **第七届全国无机化学学术会议**, 2007 年 7 月 18 至 22 日, 呼和浩特
“表面无机纳米结构的可控制备”, 李彦
- 6) **中国微米纳米技术学会第九届学术年会**, 2007 年 9 月 20-22, 上海
“碳纳米管“纳米刀”及其应用”, 陈清
- 7) **2007 年纳米和表面科学与技术全国会议**, 2007 年 11 月 27-29, 合肥。
碳纳米管“纳米刀”及其应用, 陈清。
- 8) **15th International Symposium on Fine Chemistry and Functional Polymers (FCFP-XV) & IUPAC 1st International Symposium on Novel materials and Synthesis**, Oct. 17-21, Shanghai, China.
“Cutting and welding of nanomaterials with an electron beam”, 许胜勇