

## 《纳米材料专业实验》(二) 教学大纲

- 课程代码: **NANA1071**  
课程名称: **纳米材料专业实验(二)**  
英文名称: **Professional Experiments of Nanomaterials II**  
课程性质: **专业必修课**  
学分/学时: **2 学分/72 学时**  
考核方式: **预习+实验操作+实验报告**  
开课学期: **第 7 学期**  
适用专业: **纳米材料与技术**  
先修课程: **纳米材料表征技术**  
后续课程: **毕业设计**  
开课单位: **纳米科学技术学院**  
课程负责人: **马艳芸**  
大纲执笔人: **马艳芸**  
大纲审核人: **邵名望, 李青**  
选用教材: **《纳米材料专业实验》(江苏省重点教材, 主编: 邵名望、马艳芸、高旭, 厦门大学出版社, 2017 年) 和补充的自编讲义**

### 一、课程目标

通过本课程的理论教学和实验训练, 使学生具备下列能力:

1. 能够针对目标纳米材料或纳米器件, 选用合理的研究方式和方法, 设计具体实验方案以实现功能纳米材料的可控制备或纳米器件的有效设计, 并在实验条件、工艺流程设计方案合理优化的过程中体现创新意识。(支撑毕业要求指标点 3-2)
2. 能根据实验目的和特定的研究对象, 对实验方案设计并优化后, 选配合适的设备和药品、按步骤开展实验, 获取纳米材料合成、表征及应用的实验数据。(支撑毕业要求指标点 4-2)
3. 能正确选用合适的仪器和现代纳米表征、测试设备, 能使用专业制图软件 and 数据处理软件, 对实验结果进行数学处理和科学整理, 并与预期结果或理论结果进行比较和分析, 进而优化实验条件和方案, 对纳米科技领域的复杂问题进行预测与模拟。(支撑毕业要求指标点 5-2)

### 二、教学内容

包含 4 个基于纳米材料或纳米器件构筑与应用的综合实验项目, 每个实验 18 学时, 共 72 学时; 每个实验项目相对独立, 且都能与 3 个课程目标相对应。本课程实验项目包括:

1. 晶种法分步控制合成金纳米球、金@银核壳纳米立方体和金纳米笼

该实验项目基于液相氧化还原反应, 分三步合成目标结构: 10 nm 左右的金纳米球、金@银核壳纳米立方体和金纳米笼, 对样品进行高速分离、收集, 并进行紫外可见吸收光谱表征和 TEM 表征。

安全及注意事项: (1) 氯金酸固体有强腐蚀性和强酸性, 称量配置溶液时不能用金属药匙, 应用牛角药匙或直接定量配置; (2) 还原剂要新鲜配置以防氧化失效; (3) 硝酸银溶液配好后需要避光保存; (4) 高温水浴/油浴加热要规范操作, 注意防烫伤。

要求学生: (1) 能熟练使用多步法合成尺寸均匀可控的纳米晶胶体和构筑具有核壳、中空结构的纳米材料, 并通过调节反应条件实现对纳米材料尺寸、形貌的有效控制; (2) 掌握金、银纳米晶的表面等离子共振性质原理及其与纳米晶形貌、尺寸、结构之间的关系, 提出优化产物均匀性、结构、尺寸的方案并进行实验验证; (3) 能正确选用合适的表征手段和测试仪器对所得纳米晶体进行表征测试, 能对表征测试结果进行数学处理和对比分析, 对进一步优化实验提供依据, 并对解决可

控合成过程中的相关问题进行预测或模拟。

## 2. 基于硅纳米线的表面增强拉曼散射基底制备及功能化 DNA 的修饰和检测

该实验基于氢氟酸刻蚀法，分步合成目标结构并进行结构及性能表征：在硅片表面原位刻蚀形成硅纳米线（SiNWs@Si）、在硅线表面原位还原金纳米颗粒（AuNPs@SiNWs）、对 AuNPs@SiNWs 基底进行 SEM 表征及 SERS 表征。

安全及注意事项：（1）氢氟酸有强腐蚀性和刺激性，量取配置溶液时需穿戴实验服、口罩、手套做好防护，相关操作须在通风橱中进行；（2）硝酸银溶液、氯金酸溶液配好后需避光保存。

要求学生：（1）能制备形貌结构稳定的硅纳米线、并通过控制实验条件实现硅线表面金纳米颗粒的均匀分布；（2）掌握贵金属纳米颗粒的表面等离子体共振性质原理、及 AuNPs@SiNWs 基底 SERS 增强效果与其结构、形貌间的关系；（3）能正确选用合适的表征手段和测试仪器对所得纳米复合结构进行形貌表征及性能测试，并通过对测试结果进行分析对比为进一步优化实验提供依据。

## 3. 微纳加工技术

该实验项目完成“清洗-涂胶-前烘-曝光-显影-后烘-镜检”的标准化光刻工艺流程，对显影结束后的样品进行光刻质量检查，并对光刻质量进行评判及原因归纳。

安全及注意事项：（1）进入超净间需换鞋，穿戴整齐口罩、手套、超净服，女生务必把长发盘至超净服内；（2）光刻胶、丙酮具有一定的毒性，务必在通风橱内操作；（3）光刻胶退火需规范操作，注意防烫伤；（4）操作光刻机需注意规范，曝光完毕后及时关闭光源，保护光源；（5）紫外线对人体有害，曝光过程中应避免直接接触曝光光源；（6）光刻胶曝光之前不能移出黄光区；（7）显影液稀释要新鲜配置，并且显影完成后注意碱性显影液的回收。

要求学生：（1）了解光刻在集成电路工艺中的作用，理解光刻技术的原理及其实现方法，针对目标图案提出对应的工艺方案并进行实验验证；（2）能够独立操作光刻机，熟练掌握“清洗-涂胶-前烘-曝光-显影-后烘-镜检”的光刻工艺流程，实现特定目标图案的图形化；（3）能够正确选用合适的表征手段和测试仪器对光刻效果进行表征测试，能对表征测试结果进行对比分析，并且对解决光刻过程中产生的问题提出可能的原因判断及解决方案；（4）了解光刻技术发展的现状，以及我国光刻技术相关产业发展的现状。

## 4. 基于氧化锌纳米棒阵列的倒置型聚合物太阳能电池的制备与表征

该实验项目内容包括：ITO 玻璃基底的深度清洗、溶胶凝胶法制备 ZnO 纳米籽晶层、水热法生长 ZnO 纳米棒阵列、ZnO 纳米籽晶层与纳米棒阵列的扫描电子显微镜（SEM）表征、有机太阳能电池的制备与电池性能测试和分析。

安全注意事项：（1）ZnO 纳米籽晶层需在 300 度热台上烘烤处理，注意防烫伤；（2）使用匀胶机高速旋涂 ZnO、活性层时应注意匀胶剂加盖，防止玻璃样品飞出；（3）配制反应溶液和活性层溶液时需在通风柜中称量药品，防止吸入挥发性有害物质；（4）测试太阳能电池时需避免模拟光源直射眼睛，防止造成视力损伤。

要求学生：（1）掌握 ITO 电极清洗方法与意义；（2）学会 ZnO 纳米籽晶层与纳米棒阵列的制备方法，特别是在 ZnO 籽晶层的基础上溶水热生长 ZnO 纳米棒的原理和相关实验操作；（3）熟悉有机太阳能电池的制备流程，特别是掌握活性层的旋涂工艺与性能的关系、溶剂退火处理原理与注意事项，了解缓冲层和金属电极的蒸镀方法和注意事项；（4）掌握有机太阳能电池关键性能参数（包括 IV 曲线、开路电压、短路电流、填充因子等）的测试与分析方法。

## 三、考核方式

每个实验项目分为三个过程考核：预习（视频学习+预习报告），实验操作，实验报告；考核内容主要包

括：文献调研、实验设计、安全规范、实验技能、团队合作、数据收集和处理、结果分析和讨论、方案优化、实验报告撰写等，课程目标与考核内容及方式的对应关系如下：

课程目标	考核内容	考核方式
1. 能够针对目标纳米材料或纳米器件，选用合理的研究方式和方法，设计具体实验方案以实现功能纳米材料的可控制备、纳米器件的有效设计或纳米材料在生物医学方面的应用，并在实验条件、工艺流程设计方案合理优化的过程中体现创新意识。（支撑毕业要求指标点 3-2）	文献调研能力，实验设计能力，对实验安全和规范操作的了解，创新意识及设计理念。	视频学习，预习报告，课堂提问和讨论，实验报告。
2. 能根据实验目的和特定的研究对象，对实验方案设计并优化后，选配合适的设备和药品、按步骤开展实验，获取纳米材料合成、表征及应用的实验数据。（支撑毕业要求指标点 4-2）	开展实验的能力，遵守实验安全规定和规范操作，使用现代设备的技能，数据收集能力，实验现象观察和记录。	预习报告，课堂实验操作，课堂提问和讨论，实验报告。
3. 能正确选用合适的仪器和现代纳米表征、测试设备，能使用专业制图软件 and 数据处理软件，对实验结果进行数学处理和科学整理，并与预期结果或理论结果进行比较和分析，进而优化实验条件和方案，对纳米科技领域的复杂问题进行预测与模拟。（支撑毕业要求指标点 5-2）	数据处理的能力，结果分析能力，使用模拟、处理等软件的能力，方案优化，实验报告撰写。	课堂仪器操作，实验报告，问题讨论。

#### 成绩评定方法：

每个实验项目的成绩 = 预习（20%）+ 实验操作（40%）+ 实验报告（40%）

学生课程总成绩 = (Σ综合实验成绩)/4

#### 课程目标（即毕业要求指标点）达成度评价方法：

每个实验的分目标达成度 = (预习平均分\*预习权重\*0.2+实操平均分\*实操权重\*0.4+报告平均分\*报告权重\*0.4)/(100\*预习权重\*0.2+100\*实操权重\*0.4+100\*报告权重\*0.4)

该课程的分目标达成度为所有实验该分目标达成度的平均值。

	预习相关权重	实验操作权重	实验报告权重
课程目标 1	0.8	0.1	0.1
课程目标 2	0.2	0.6	0.2
课程目标 3	—	0.3	0.7

#### 评分标准：

课程目标	90-100 (优秀)	75-89 (良好)	60-74 (及格)	0-59 (不及格)
1. 能够针对目标纳米材料或纳米器件，选用合理的研究方式和方法，设计具体实验方案以实现功能纳米材料的可控制备或	针对目标纳米材料或纳米器件，能够 <b>准确</b> 选用合理的研究方式和方法， <b>合理</b> 设计具体实验方案以实现功能纳米材料的可控制备或	针对目标纳米材料或纳米器件，能够选用合理的研究方式和方法，设计具体实验方案以实现功能纳米材料的可控制备或纳米器件	针对目标纳米材料或纳米器件，能够选用 <b>基本合理</b> 的研究方式和方法，能 <b>部分设计</b> 具体实验方案以实现功能纳米材料的可控制备	针对目标纳米材料或纳米器件，选用的研究方式和方法 <b>不够合理</b> ， <b>只能参与设计</b> 具体实验方案以实现功能纳米材料的可控制备或

制备或纳米器件的有效设计,并在实验条件、工艺流程设计方案合理优化的过程中体现创新意识。	纳米器件的有效设计,并在实验条件、工艺流程设计方案合理优化的过程中 <b>充分体现</b> 创新意识。	的有效设计,并在实验条件、工艺流程设计方案合理优化的过程中体现创新意识。	或纳米器件的结构设计,但在实验条件、工艺流程设计方案合理优化的过程中创新意识 <b>不足</b> 。	纳米器件的结构设计,但在实验条件、工艺流程设计方案合理优化的过程中 <b>完全缺乏</b> 创新意识。
2. 能根据实验目的和特定的研究对象,对实验方案设计并优化后,选配合适的设备和药品、按步骤开展实验,获取纳米材料合成、表征及应用的实验数据。	能根据实验目的和特定的研究对象,对实验方案 <b>自主设计并优化</b> ,选配合适的设备和药品、按步骤 <b>有序</b> 开展实验, <b>成功</b> 获取纳米材料合成、表征及应用的实验数据。	能根据实验目的和特定的研究对象,对实验方案 <b>实现部分设计和优化</b> ,选配合适的设备和药品、按步骤较顺利地开展实验,获取纳米材料合成、表征及应用的相关实验数据。	能根据实验目的和特定的研究对象, <b>参与实验方案设计</b> ,在 <b>教师协助下</b> 选配合适的设备和药品、按步骤开展实验,获取纳米材料合成、表征及应用的基本实验数据。	根据实验目的和特定的研究对象,对实验方案设计 <b>参与度不足</b> ,在 <b>教师协助下</b> 选配合适的设备和药品、按步骤开展实验,但在获取纳米材料合成、表征及应用的基本实验数据时 <b>有一定难度</b> 。
3. 能正确选用合适的仪器和现代纳米表征、测试设备,能使用专业制图软件和数据处理软件,对实验结果进行数学处理和科学整理,并与预期结果或理论结果进行比较和分析,进而优化实验条件和方案,对纳米科技领域的复杂问题进行预测与模拟。	能正确选用合适的仪器和现代纳米表征、测试设备,能 <b>熟练</b> 使用专业制图软件和数据处理软件,对实验结果进行 <b>合理的</b> 数学处理和科学整理,并与预期结果或理论结果进行 <b>充分的</b> 比较和分析,进而 <b>有效</b> 优化实验条件和方案,对纳米科技领域的复杂问题进行预测与模拟。	能正确选用合适的仪器和现代纳米表征、测试设备,能 <b>较熟练地</b> 使用专业制图软件和数据处理软件,对实验结果进行 <b>一定的</b> 数学处理和科学整理,并与预期结果或理论结果进行比较和分析, <b>提出</b> 优化实验条件和方案的 <b>建议</b> , <b>有望</b> 对纳米科技领域的复杂问题进行预测与模拟。	<b>在教师协助下</b> 能使用合适的仪器和现代纳米表征、测试设备, <b>了解部分</b> 专业制图软件和数据处理软件的使用方法,对实验结果的数学处理和科学整理有 <b>基本的了解</b> ,并与预期结果或理论结果进行比较和 <b>初步分析</b> ,在 <b>指导下提出</b> 优化实验条件和方案的 <b>建议</b> ,但对纳米科技领域的复杂问题 <b>不能给出合理</b> 预测与模拟。	<b>在教师协助下</b> 能使用合适的仪器和现代纳米表征、测试设备,对专业制图软件和数据处理软件 <b>不太了解</b> ,对实验结果的数学处理和科学整理 <b>也不了解</b> , <b>无法</b> 与预期结果或理论结果进行比较和分析,也 <b>不能提出</b> 优化实验条件和方案的 <b>建议</b> ,对纳米科技领域的复杂问题 <b>不能给出</b> 预测与模拟。