

# 《新能源材料与器件实验》课程教学大纲

## 一、课程概况

课程名称	新能源材料与器件实验		课程号	207412027			
课程英文名称	Experiments on new energy materials and devices		学时/学分	72/2			
课程性质	必修		适用专业	功能材料、新能源材料与器件			
课程负责人	刘奇明		教学团队	王琦、刘德全、闫德、黄娟娟、吴影、徐英、王国景、王子磊			
选用教材及参考书目	《新能源材料与器件综合实验讲义》						
<p><b>课程简介：</b>新能源材料与器件本科专业是适应我国新能源、新材料、节能环保、高端装备制造等国家战略性新兴产业发展需要而设立的，是由材料、物理、化学、电子、机械等多学科交叉，以能量转换与存储材料及其器件设计、制备工程技术为培养特色的战略性新兴产业。该专业重点研究与开发新一代高性能绿色能源材料、技术和器件，发展新能源材料的学术研究方向。在培养该专业本科人才过程中，为使 学生更深入地了解掌握与这些与新能源材料和器件相关的生产工艺流程以及实验研究方法，培养学生的实践动手与创新研究能力，开设《新能源材料与器件本科专业实验》实验课程。</p>							
<b>课程目标 (Course Objectives, CO)</b>							
知识目标 (CO1)		了解新能源材料与器件的基本研究方法；理解新能源材料与器件相关制备与基本测试设备的原理、功能及使用方法，并能够独立操作。					
能力目标 (CO2)		通过亲自动手操作提高理论与实践相结合的能力，提高理论学习的主动性。					
素质、情感价值观目标 (CO3)		培养学生实事求是、严谨的科学作风，培养学生的实际动手能力，提高实验技能。					
教学方式 (Pedagogical Methods, PM)	<input checked="" type="checkbox"/> PM1 讲授法教学	18 学时 25 %	<input type="checkbox"/> PM2 研讨式学习	学时 %			
	<input type="checkbox"/> PM3 案例教学	学时 %	<input type="checkbox"/> PM4 翻转课堂	学时 %			
	<input type="checkbox"/> PM5 混合式教学	学时 %	<input checked="" type="checkbox"/> PM6 体验式学习	54 学时 75 %			
考核方式 (Evaluation Methods, EM)	考试课 必选	<input type="checkbox"/> EM1 课程作业	%	<input type="checkbox"/> EM 2 单元测试	%	<input type="checkbox"/> EM3 课堂辩论	%
		<input type="checkbox"/> EM4 期中考试	%	<input type="checkbox"/> EM5 期末考试	%	<input type="checkbox"/> EM6 撰写论文/ 实验报告	%
	考查	<input type="checkbox"/> EM1 课程作业	%	<input type="checkbox"/> EM 2 单元测试	%	<input type="checkbox"/> EM3 课堂辩论	%

	课 必 选	<input type="checkbox"/> EM4 期末考试	%	<input type="checkbox"/> EM5 撰写论文/ 实验报告	%		
	自 选	<input type="checkbox"/> EM10 课堂互动	%	<input checked="" type="checkbox"/> EM11 实验	40%	<input type="checkbox"/> EM12 实训	%
		<input type="checkbox"/> EM13 实践	%	<input type="checkbox"/> EM14 期末考试	%	<input checked="" type="checkbox"/> EM6 撰写实验 报告	60%

## 二、教学大纲的定位说明

### （一）课程教学目标与任务

- 1.了解新能源材料与器件的基本研究方法；
- 2.理解新能源材料与器件相关制备与基本测试设备的原理、功能及使用方法，并能够独立操作；
- 3.通过亲自动手操作提高理论与实践相结合的能力，提高理论学习的主动性；
- 4.开设本课程的目的是培养学生实事求是、严谨的科学作风，培养学生的实际动手能力，提高实验技能；
- 5.能够按时上课并进行课堂互动、按要求完成实验报告。

### （二）课程教学目标与毕业要求的关系

课程目标		支撑的毕业要求	支撑强度
知识目标 (CO1)	1-2	1	H
能力目标 (CO2)	3	2-5	H
素质、情感价值观目标 (CO3)	4	9,10	M

### （三）支撑课程目标的教学内容与方法

基础理论和实验方法的课堂讲授，随后开展实验并完成实验报告撰写。

### （四）与先修及后续课程之间的逻辑关系和内容衔接

由于是专业实验课，所以需要学生首先掌握《电化学储能原理及应用》《半导体物理与器件》和《零碳能源原理与技术》等课程知识，再通过本课程培养学生对新能源材料和器件的制备及测试方法的实践能力。

### （五）检验课程目标达成度的考核方法和评分标准

通过到课率及课程问答等了解学生实验课程的认真程度

和对课程知识的熟悉程度。实验操作占 40%，实验报告撰写占 60%，总评成绩为百分制，60 分及格。

### 三、课程内容与安排

#### 绪论

- 1.介绍新能源材料与器件综合实验的主要内容
- 2.学生上课要求，课程评定，分组情况等

#### 实验 1 四探针法测量电阻率

##### 一、实验目的或实验原理

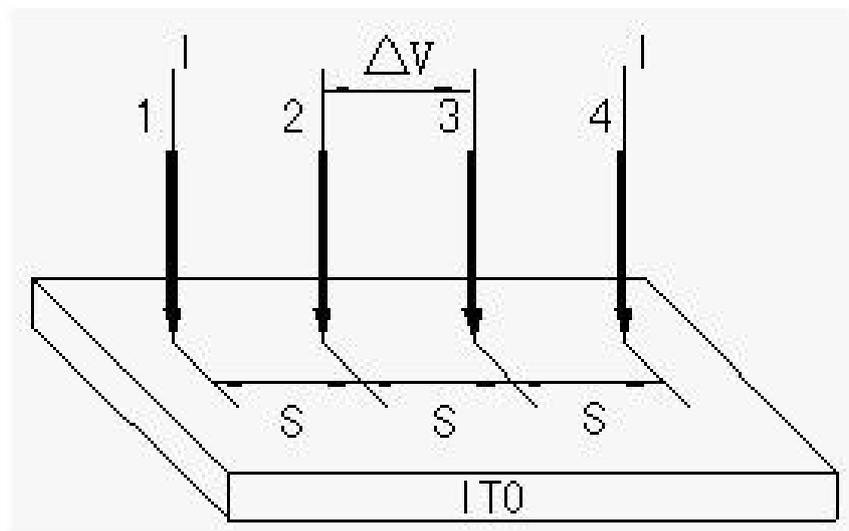
- 1.了解四探针电阻率测试仪的基本原理；
- 2.了解四探针电阻率测试仪组成、原理和使用方法；
- 3.能对给定的薄膜和块体材料进行电阻率测量,并对实验结果进行分析、处理。

##### 二、实验内容

- 1.测量单晶硅样品的电阻率；
- 2.测量 FTO 导电层的方块电阻；
- 3.对测量结果进行必要的修正。

##### 三、实验仪器与材料

##### 四、探针测试仪、P 型/N 型硅片、FTO 导电玻璃。



## 实验2 紫外可见分光光度计

### 一、实验目的或实验原理

- 1.了解紫外可见分光光度计的结构、性能及使用方法；
- 2.熟悉常见样品透过、吸收光谱的测量方法。

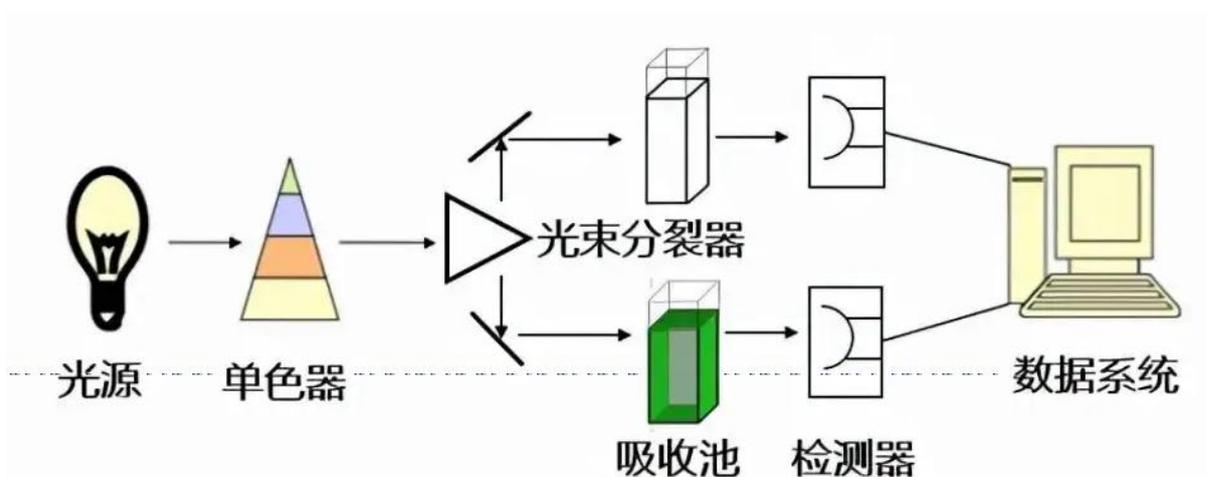
### 二、实验内容

分别测量红、蓝墨水的吸收光谱；

测量半导体薄膜的透射/吸收光谱，并计算材料的光学带隙。

### 三、实验主要仪器设备及材料

紫外可见分光光度计、红墨水、蓝墨水、比色皿、半导体薄膜。



## 实验3 太阳能电池性能参数测定

### 一、实验目的或实验原理

了解太阳能电池的基本结构与光电特性；  
掌握太阳能电池电学性能测试的基本方法。

### 二、实验内容

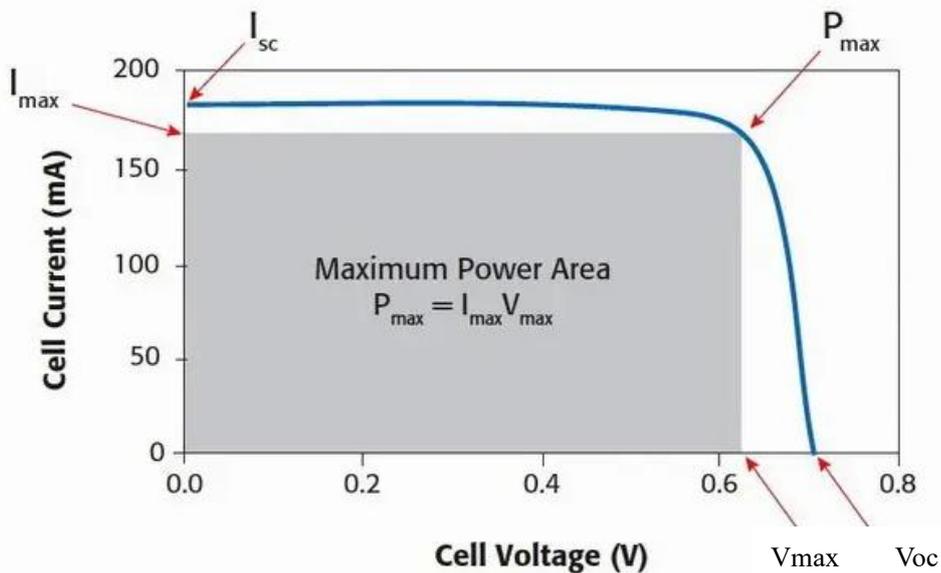
- 1.无光照时，测量太阳能电池的伏安特性曲线；

2.有光照时，测量太阳能电池的短路电流、开路电压、最大输出功率及填充因子；

3.测试太阳电池不同单色光辐照下的光电流，计算太阳电池量子效率和积分电流。

### 三、实验主要仪器设备及材料

太阳能电池板、太阳电池伏安测试系统、太阳电池量子效率测试系统。



## 实验4 热电材料的赛贝克系数测定

### 一、实验目的或实验原理

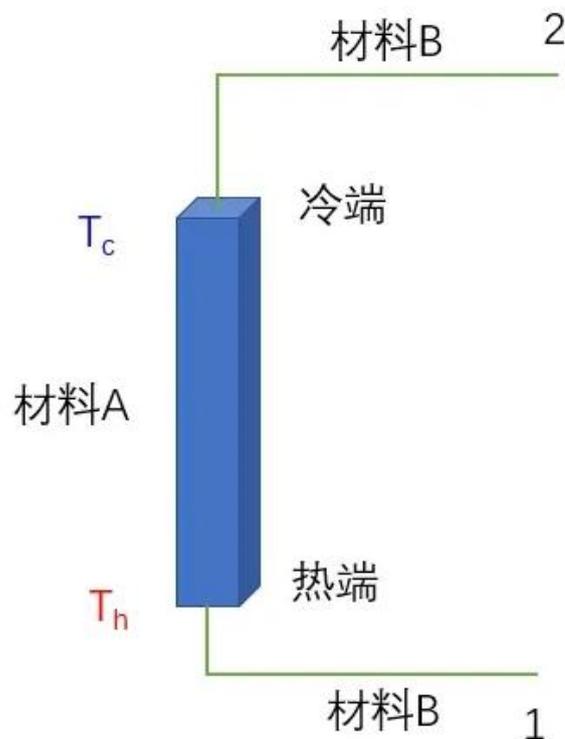
- 1.了解并掌握几类不同热电效应原理；
- 2.了解并掌握半导体材料热电系数的测量原理及测量方法；
- 3.了解并掌握如何通过热电系数判断半导体材料的导电类型。

### 二、实验内容

- 1.测量单晶硅样品的热电系数及判断导电类型;
- 2.测量金属铝样品热电系数;
- 3.测量金属铜样品热电系数。

### 三、实验仪器与材料

热电系数测定仪、P型或N型硅片、ITO导电玻璃、金属铝颗粒、金属铜颗粒。



## 实验5 射频溅射法沉积半导体薄膜

### 一、实验目的或实验原理

- 1.掌握真空获得的操作过程和方法;
  - 2.了解射频溅射镀膜的原理及方法;
- 学会使用射频溅射镀膜技术。

### 二、实验内容

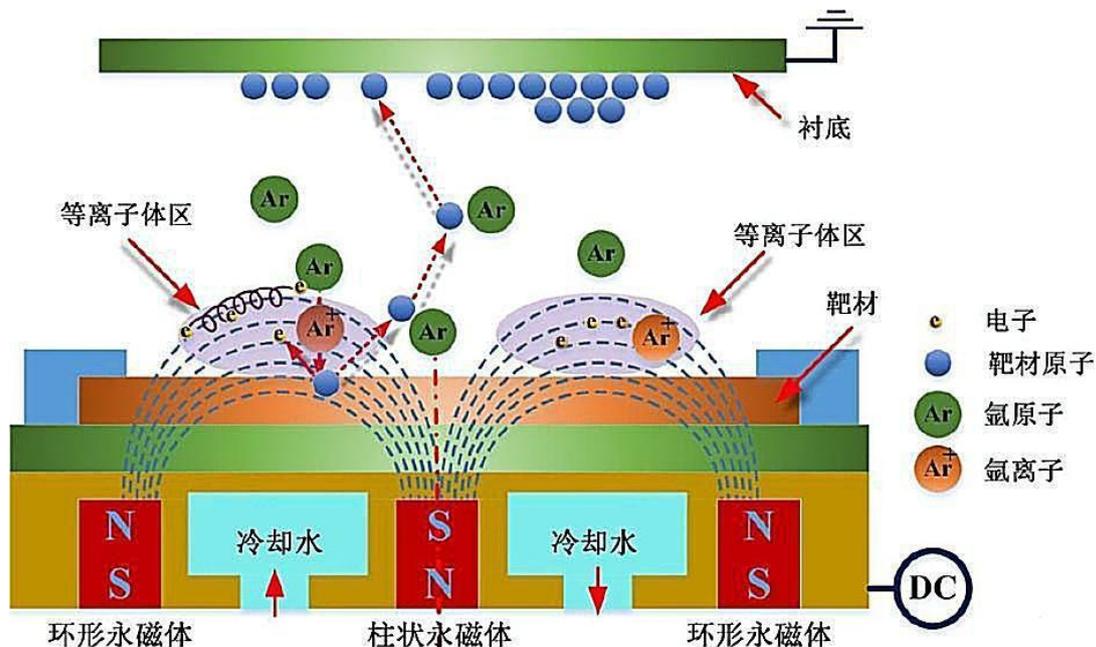
- 1.衬底的清洁处理;

2.真空获得及获得原理;

3.射频溅射起辉原理及溅射原理理解,沉积半导体薄膜。

三、实验主要仪器设备及材料

真空维持系统、腔体、射频电源。



## 实验6 非晶硅薄膜电导率的测量

一、实验目的或实验原理

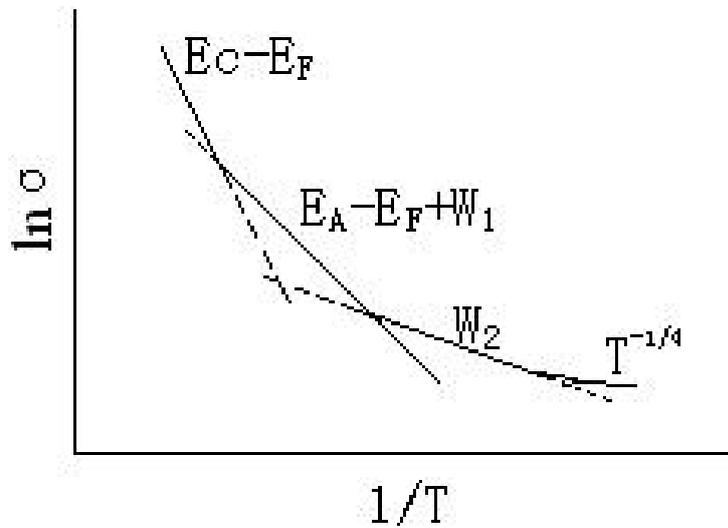
- 1.测量非晶硅(a-Si:H)薄膜的电导率与温度的关系;
- 2.分析非晶硅薄膜的导电机制;
- 3.了解非晶态半导体能带结构及导电类型。

二、实验内容

- 1.测量 a-Si: H 薄膜的电导率随温度的变化关系;
- 2.用半对数纸作  $\sigma-1/T$  曲线;
- 3.求  $\log \sigma-1/T$  曲线上各直线段的斜率【即  $\Delta(\log \sigma) / \Delta(1/T)$ 】, 并计算所对应的能量  $\Delta E$  ( $E_C-E_F$ ,  $E_A-E_F+W_1$ ,  $W_2$  等), 分析各直线段所反映的导电机制。

三、实验主要仪器设备及材料

半导体综合测试仪、真空系统、温控系统等。



## 实验 7 电感耦合等离子体化学气相沉积法

### 一、实验目的或实验原理

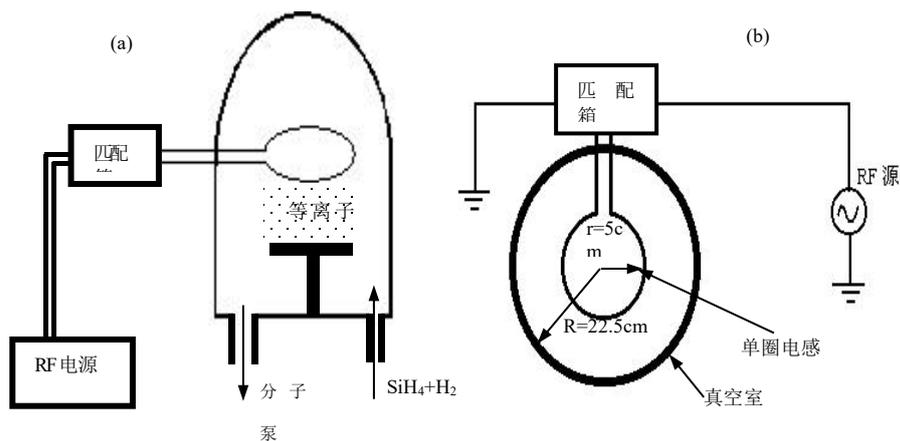
1. 掌握真空获得的操作过程和方法；
2. 了解射电感耦合等离子体产生的原理及方法；
3. 了解电感耦合等离子体成膜的影响因素及使用该技术沉积薄膜。

### 二、实验内容

1. 衬底的清洁处理；
2. 真空获得及获得原理；
3. 电感耦合等离子体起辉原理及沉积半导体薄膜。

### 三、实验主要仪器设备及材料

真空维持系统、腔体、射频电源。



## 实验 8 MOS 结构的高频 C-V 特性测量

### 一、实验目的或实验原理

1. 测量 MOS 结构高频 C-V 特性；
2. 计算出样品的一系列电学参数；
3. 掌握测试原理，学会成套仪器的使用方法。

### 二、实验内容

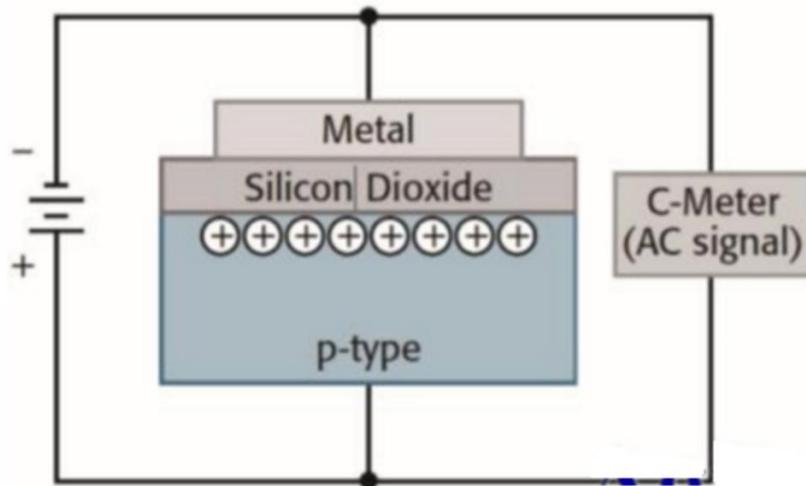
1. 半导体综合测试仪与 MOS 结构中的金属和半导体连接好连接方式；

2. 根据被测量样品的最大电容数值(用已知的电极面积和氧化层厚度进行估算)选择 C-V 测试仪相应的电容量程，并对所选择的电容量程进行校正；

3. 根据样品的少子产生寿命确定偏压 C-V 曲线。通常可选用每秒 100mV 的速率，如果仍得到深耗尽的曲线，则应将速率再放慢，直至得到稳态 C-V 曲线。

### 三、实验主要仪器设备及材料

半导体综合测试仪、MOS 晶体管。



## 实验9 场效应晶体的性能测定

### 一、实验目的或实验原理

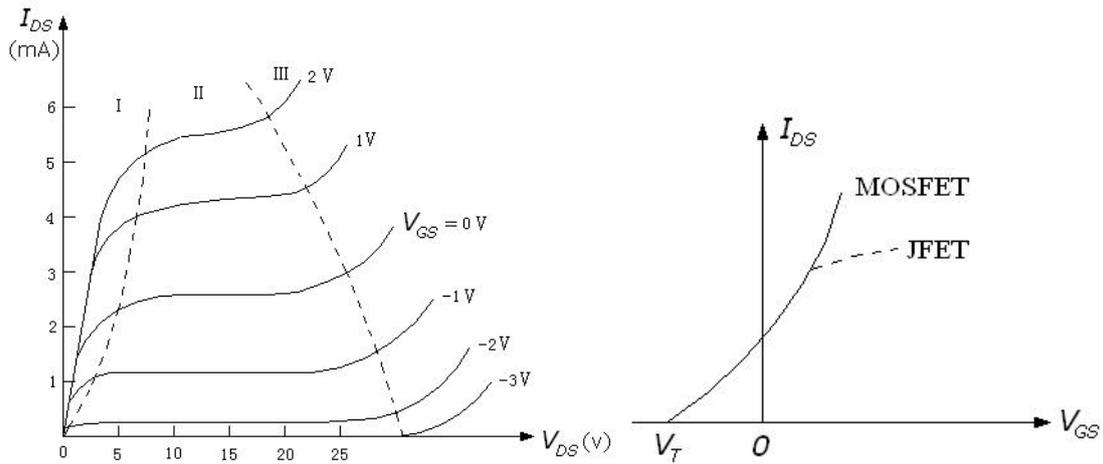
1. 解 MOSFET 的基本结构与工作原理；
2. 利用半导体特性测试仪获得 MOSFET 的特性曲线；
3. 学会分析 MOSFET 的主要参数。

### 二、实验内容

1. 测试 MOSFET 的参数；
2. 测量场效应晶体的转移特性；
3. 根据 MOSFET 的类型定义以及得出的数据分析本实验所测试的场效应晶体的类型。

### 三、实验主要仪器设备及材料

半导体综合测试仪、探针台、MOSFET 等。



## 实验 10 锂离子电池材料的形貌、成分表征

### 一、实验目的或实验原理

1. 了解锂离子电池活性材料的分类, 认识常用的锂离子电池材料;

2. 掌握锂离子电池材料形貌、成分表征方法。

### 二、实验内容

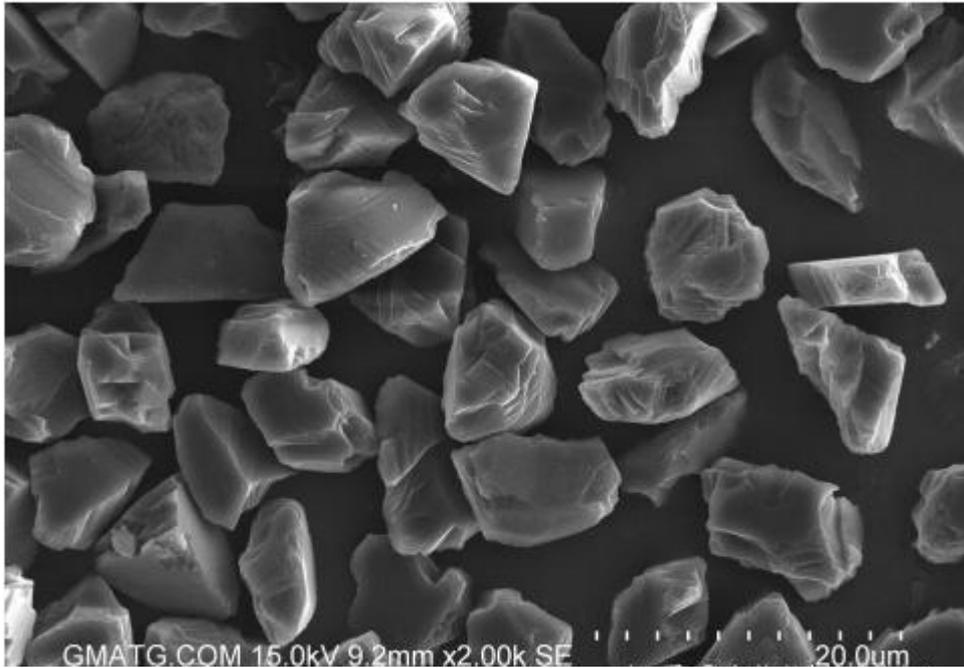
1. 利用光学显微镜和扫描电子显微镜进行锂离子正极、负极材料的形貌观察;

2. 测量锂离子电池材料的粒径分布。

3. 利用光学显微镜和扫描电子显微镜进行锂离子电池正极材料的成分分析;

### 三、实验主要仪器设备及材料

晶相显微镜、扫描电子显微镜、锂离子电池材料。



## 实验 11 锂离子电池材料的晶相表征

### 一、实验目的或实验原理

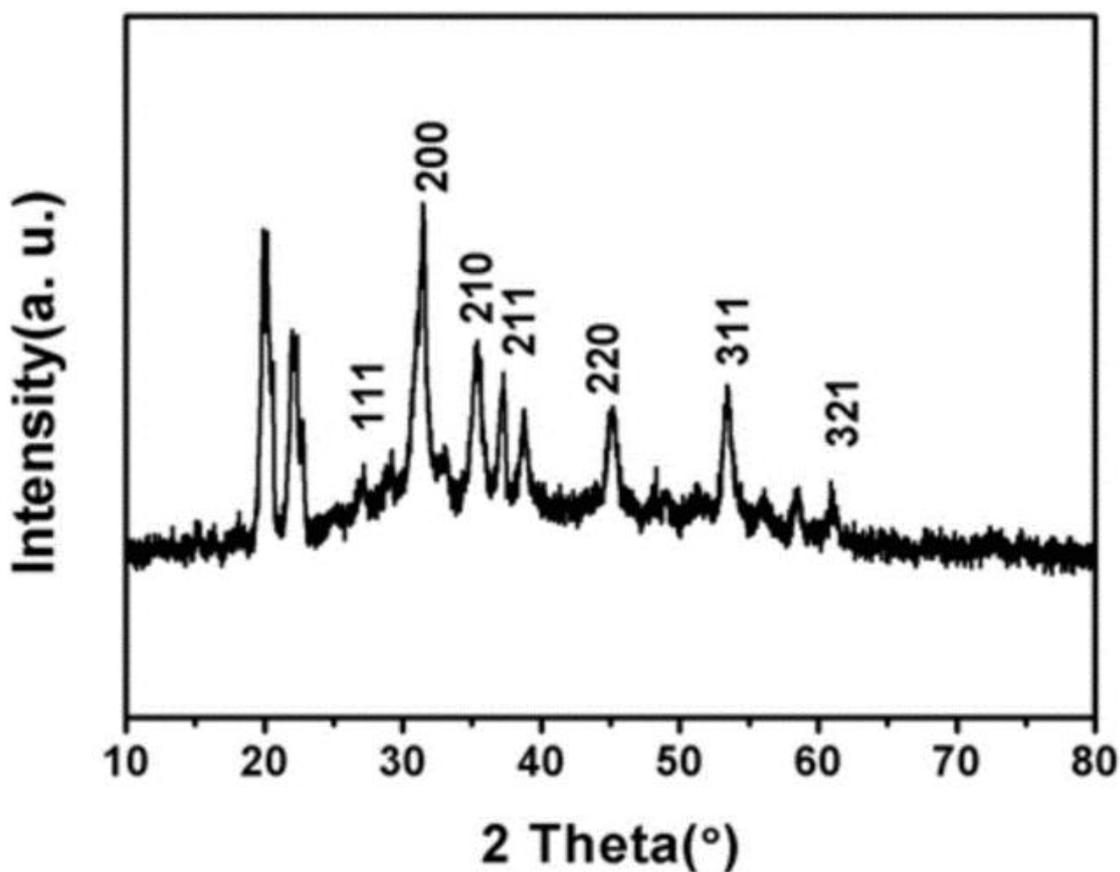
- 1.了解 X 射线衍射仪的工作原理；
- 2.测试常用锂离子电池活性材料的晶体结构，了解哪些晶体结构适合做锂离子电池活性材料。

### 二、实验内容

- 1.学习 X 射线衍射仪的工作原理和实用方法。
- 2.利用 X 射线衍射仪进行锂离子正极、负极晶体结构测量。
- 3.探究哪些晶体结构适合做锂离子电池活性材料。

### 三、实验主要仪器设备及材料

X 射线衍射仪、锂离子电池材料。



## 实验 12 锂离子电池电极制备

### 一、实验目的或实验原理

- 1.学习材料制浆方法。
- 2.学习刮涂法制备薄膜的方法，学习制备锂离子电池电极；
- 3.掌握活性质量负载和电极厚度的测试方法。

### 二、实验内容

- 1.利用商业正极、负极材料和粘结剂进行电极材料的制浆。
- 2.利用刮涂器和真空干燥箱进行锂离子电池电极的制备。
- 3.利用天平进行活性质量负载的测量,利用千分尺进行电极厚度的测量。

### 三、实验主要仪器设备及材料

锂离子电池电极材料，粘合剂，研钵，刮涂器，真空干燥箱，十万分之一天平，千分尺。



## 实验 13 锂离子电池组装

### 一、实验目的或实验原理

- 1.学习锂离子电池的组装方法。
- 2.了解锂离子电池的结构和工作原理；

### 二、实验内容

- 1.利用正极、负极、隔膜组装出锂离子电池。
- 2.测试刚组装电池开路电压，尝试点亮 LED 灯泡。

### 三、实验主要仪器设备及材料

锂离子电池电极片，隔膜，电解液，手套箱，吸管，电池壳，万用表，LED 灯珠。



## 实验 14 锂离子电池循环伏安和充放电测试

### 一、实验目的或实验原理

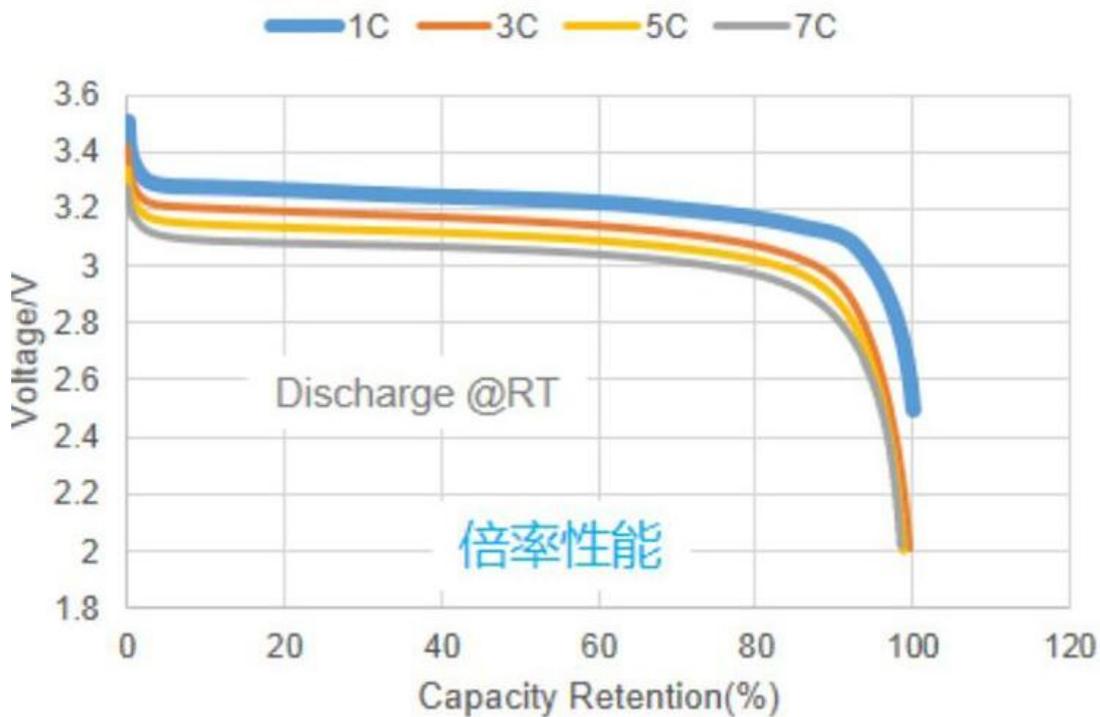
1. 学习锂离子电池的循环伏安和充放电测试原理和方法。
2. 了解循环伏安峰位和充放电平台的对应关系,理解锂离子电池放电电压与化学势的关系;

### 二、实验内容

1. 利用电化学工作站进行循环伏安测试。
2. 利用充放电仪进行锂离子电池充放电测试。

### 三、实验主要仪器设备及材料

锂离子电池, 电化学工作站, 充放电测试仪。



## 实验 15 超级电容器循环伏安特性测试

### 一、实验目的或实验原理

- 1.了解循环伏安曲线的实验原理；
- 2.掌握电化学储能材料循环伏安曲线的测试方法；
- 3.了解扫描速率和浓度对电化学储能材料循环伏安图的影响。

### 实验内容

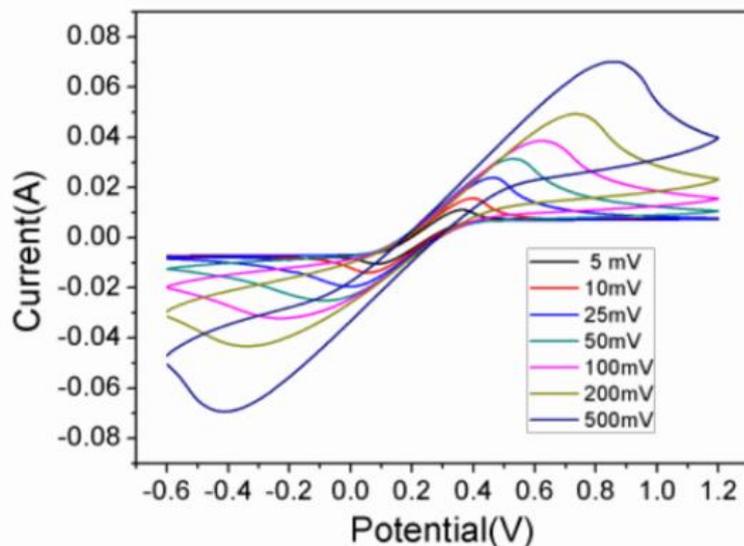
电极的预处理；

测试电化学储能材料的循环伏安图；

3.测试不同扫描速率下的电化学储能材料循环伏安图。

### 三、实验主要仪器设备及材料

电化学工作站、铂盘电极、铂柱电极、饱和甘汞电极、电解池、容量瓶。



## 实验 16 催化剂的阻抗特性测定

### 一、实验目的或实验原理

- 1.了解电化学阻抗图谱测定的实验原理；
- 2.掌握催化剂阻抗的测试方法。

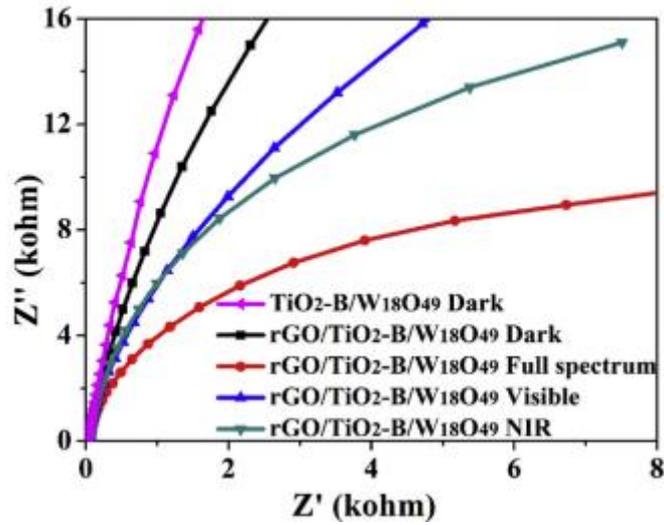
### 实验内容

- 1.测试催化剂的阻抗图谱；
- 2.分析催化剂的阻抗特性。

探究催化剂与溶液界面处的电荷转移特性。

### 三、实验主要仪器设备及材料

电化学工作站、工作电极、铂电极、饱和甘汞电极、电解池、容量瓶。



## 实验 17 电催化产氢的线性电压 - 电流 (LSV) 参数测定

### 一、实验目的或实验原理

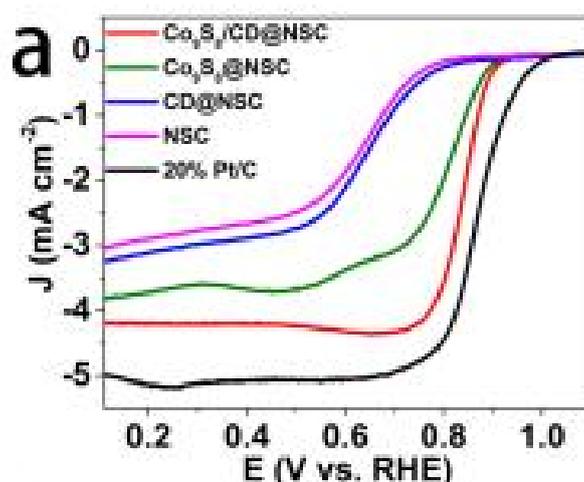
1. 了解 LSV 曲线的测试原理;
2. 掌握 LSV 曲线测试的基本方法。

### 二、实验内容

1. 测量电催化剂的开启电压和过电位;
2. 通过开启电压和过电位判断电催化剂的催化性能;
3. 探究电催化剂的产氢机理。

### 三、实验主要仪器设备及材料

电化学工作站、铂电极、饱和甘汞电极、电解池、容量瓶。



## 实验 18 光催化产氢速率的测定

### 一、实验目的或实验原理

1. 了解在光照条件下光催化剂的产氢原理；
2. 掌握光催化产氢性能的测试方法。

### 二、实验内容

1. 在光照条件下，测量光催化剂的产氢量；
2. 选用不同波长的截止滤光片，分别测量紫外、可见和红外光照射条件下光催化剂的产氢量；
3. 选用不同波长的带通滤光片，测量单色光条件照射下催化剂的产氢速率，计算量子产氢效率。

### 三、实验主要仪器设备及材料

氙灯光源、滤光片、光催化反应系统、气相色谱仪。



## 实验 19 CO<sub>2</sub> 还原 CH<sub>4</sub> 性能参数测定

### 一、实验目的或实验原理

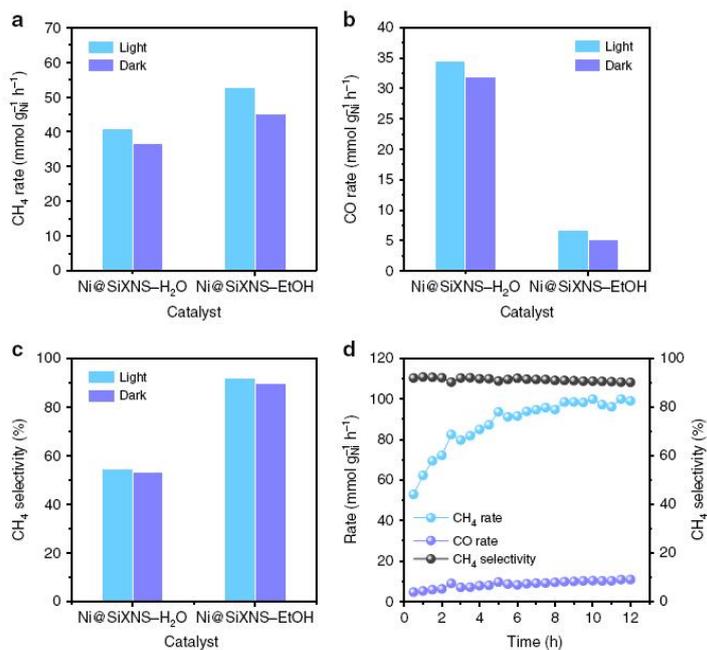
- 1.了解利用催化剂实现 CO<sub>2</sub> 还原 CH<sub>4</sub> 的实验原理；
- 2.掌握 CO<sub>2</sub> 转化 CH<sub>4</sub> 气体的基本实验测试方法。

### 二、实验内容

- 1.测量催化剂吸附 CO<sub>2</sub> 分子后在光热条件下 CH<sub>4</sub> 气体的生成量；
- 2.计算催化剂的 CO<sub>2</sub> 转换 CH<sub>4</sub> 效率，评估催化剂的催化性能；
- 3.测试不同实验条件下催化剂的 CO<sub>2</sub> 转换 CH<sub>4</sub> 效率，探究 CO<sub>2</sub> 还原 CH<sub>4</sub> 机理。

### 三、实验主要仪器设备及材料

氙灯光源、CO<sub>2</sub> 还原催化系统、气相色谱。



制定人：课程团队全体成员

审定人：王连文

批准人：贺德行

日期：2024.10.10