

东北师范大学

本科教学实验室建设项目实施方案 (2017 年度)

申报单位物理学院

项目名称物理开放式综合创新实验室建设

项目类型升级换代 、完全新建

(指完全新建、升级换代、设备数量扩充)

拨付经费 569 万元

自筹经费 0 万元

项目联系人 张昕彤

联系电话 13604441281

2017 年 3 月 20 日

教务处制

一、项目组成员分工			
序号	姓名	职称	分工
1	张昕彤	教授	总体规划设计
2	付申成	副教授	近代物理实验总体设计
3	王连明	教授	电子电气实验总体设计
4	马剑钢	教授	探索物理实验总体设计
5	王春亮	讲师	光学实验
6	郭景富	副教授	核技术实验
7	严端廷	讲师	低温技术实验
8	陈菊芳	副教授	电学综合实验
9	李兴华	副教授	光电综合实验
10	王莹琳	讲师	材料物理实验
11	单桂晔	副教授	红外光学实验
12	李刚	讲师	真空技术实验
二、本项目建设必要性、目标和内容			
2.1 建设必要性(从学科专业发展、专业培养方案、实验开课现状及存在的问题等方面阐述) 物理学是自然科学的重要基础，是科学研究和技术创新的源动力之一，对于国民经济的发展和人民生活水平的提高具有重要意义。如何培养具有扎实的物理基础和高素质的现代创新型人才是新时代对高等物理教育提出的严肃命题。 物理实验是培养高素质人才的重要课程之一，为促进本科教学改革，探索创新性人才培养的新模式；探索理论与实践结合，学习与研究结合的新型人才培养机制，2015 年，学院修订了专业培养方案，在强化基础实验的同时，在物理专业和电子电气专业开设了综合实验和探索实验，这两类实验课程注重培养学生的多学科交叉融合能力和的基本科研能力。 在这两类实验中，计划开设与当今科学研究前沿密切相关的实验项目，对不同基础和能力的本科生进行有针对性的科研训练，以满足社会对不同层次人才的需求，为创新型社会培养生力军。 2014 年，物理学院启动了实验改革工作，并成功申请国家级实验教学示范中心，本项目既			

是实验教学改革延续，也是为国家级实验教学示范中心的建设提供条件。

目前，存在的主要问题，就是缺少相关的实验设备，因此，本次申报主要是为了解决这两类实验的仪器设备不足和缺乏问题。

2.2 建设情况与目标(具体说明本年度修购基金购置的仪器设备数，面向的专业，覆盖的实验室，涉及的实验项目数（包括新增数与更新数），学生受益人数，实验课人时数，建设目标等方面的建设情况)

1、 本项目主要用于我校物理学院本科生的高级实验，充分发挥我院多学科交叉、融合的特点，将材料物理、凝聚态物理、核物理、电子、电气等专业相互融合，提高学生的综合创新能力。

2、 2014-2015，我院先后走访了全国 10 余所重点高校的实验中心，深刻体会到学科交叉实验对学生综合创新能力培养的重要性。通过调研论证，确定了本项目采购方案，并完成项目预算。

3、 项目的预算是根据多学科交叉、开放式综合创新实验室的建设目标，依据发挥优势学科，带动相关学科的原则，通过学科间讨论和调研，充分论证后制定的，因此具有合理性和可靠性。

实验室将依托学院现有优势学科的研究基础开设研究课题，骨干教师均长期从事教学与科学研究工作，具备指导开放式综合创新实验的能力。项目由实验中心主任为组长、各实验室负责人及相关实验教师组成的项目管理小组负责具体实施。

我校一直重视物理实验教学，近年来都有持续稳定的资金投入，为本项目的实施提供了良好的前期基础。目前，已经建立较完整的普通物理到近代物理实验的课程体系，本项目的资金将用于学科交叉、开放式综合创新实验室的建设，是在前期基础实验建设的基础上的必然结果。人力、物力都为项目实施创造了条件。

本项目覆盖的专业有物理学（公费师范）、物理学（非公费）、电子信息科学与技术 and 电气工程及其自动化。所覆盖的课程及内容如下：

1. 普通物理实验：目标是提高一、二年级基地班的本科生开设的基础性物理实验的深度和广度。
2. 近代物理实验：目标是培养高年级基地班本科生的创新性思维和自主科研能力。
3. 探索物理实验：为培养拔尖类人才而设计的开放性、综合类实验。
4. 电子电气综合实验：为培养卓越工程师提供条件。

本实验室建成后，将大大提升我学院各专业的实验教学水平，形成实验教学的特色，整体达到国内先进水平。物理开放式综合创新实验室建设对提高我校的人才培养质量、促进学科发展、

推动高等教育改革有重要意义。项目的实施将极大推进我校创新性拔尖人才培养的平台建设，为社会输送不同层次的物理类人才，对我国的经济和社会发展起到积极作用。

2.3 建设内容（请按季度说明具体实施项目内容及完成时间）

项目计划分 4 个阶段实施：

第一季度：调研、仪器招标采购。

第二季度：仪器设备供货与验收。

第三季度：实验室整体建设。

第四季度：开课准备。

三、拟开发实验项目汇总表及具体实验内容

说明：1、项目类型：基础性、综合性、设计性；

2、与原有实验的关系填写：新增、更新。

项目序号	实验项目名称	项目类型	与原有实验的关系	服务专业	服务课程	学时	每年学生受益人数	开课时间
1	数字全息记录与光学实时再现实验	设计性	新增	物理学	五级：探索物理实验	8	160	2018 年春季学期
2	体全息晶体存储实验	设计性	新增	物理学	五级：探索物理实验	8	160	2018 年春季学期
3	真空热蒸发镀膜	综合性	更新	物理学	四级：近代物理实验	8	160	2017 年秋季学期
4	光谱综合实验	综合型	新增	物理学	四级：近代物理实验	8	160	2017 年秋季学期
5	微区光谱	探索性	新增	物理学	五级：探索物理实验	27	160	2018 年春季学期
6	角度分辨光谱	探索性	新增	物理学	五级：探索物理实验	27	160	2018 年春季学期
7	半导体电学性质测量	基础性	新增	物理学	五级：探索物理实验	8	160	2018 年春季学期
8	氧化物半导体薄膜的制	探索性	更新	物理学	五级：探索物理实验	54	24	2018 年春季学期

	备及其物性研究							
9	发光动力学研究	探索性	新增	物理学	五级：探索物理实验	8	50	2018 年春季学期
10	瞬态光电压测量	探索性	新增	物理学	五级：探索物理实验	8	50	2018 年春季学期
11	稀土低温荧光光谱测量及非接触式低温测量技术研究	设计性	更新	物理学	五级：探索物理实验	54	20	2018 年春季学期
12	交流阻抗谱及氧离子传导特性研究	设计性	新增	物理学	五级：探索物理实验	54	20	2018 年春季学期
13	金属纳米材料的光动力学研究	基础性	更新	物理学	五级：探索物理实验	8	32	2018 年春季学期
14	放大器的设计及制作	综合性	更新	电子、电气	模拟电路实验	1.5	50	2018 年春季学期
15	信号变换与处理电路	设计性	新增	电子、电气	电路综合实验	1.5	30	2018 年春季学期
16	通信类电路的设计与制作	设计性	新增	电子、电气	电路综合实验	1.5	30	2018 年春季学期
17	半导体薄膜的光电导效应测试	探索性	更新	物理学	五级：探索物理实验	54	10	2018 年春季学期
18	染料敏化 TiO ₂ 太阳能电池的制备及光电性能测试	探索性	更新	物理学	五级：探索物理实验	54	10	2018 年春季学期
19	太阳能电池的光伏特性测试	探索性	更新	物理学	五级：探索物理实验	54	10	2018 年春季学期
20	并行口输入输出实验-循环彩灯控制	基础性	新增	电子电气	单片机实验（1）	60	60	2017 年秋季学期
21	RS232 、RS485 串行通信	基础性	新增	电子电气	单片机实验（2）	60	60	2017 年秋季学期

22	8 位可逆计数器设计	基础性	更新	电子电气	现代数字系统设计	60	60	2017 年秋季学期
23	基于 Zigbee 的室内无线定位方法研究	综合性	更新	电子电气	电子系统综合实验	108	60	2018 年春季学期
24	运动控制系统设计	综合性	更新	电子电气	电子系统综合实验	108	60	2018 年春季学期
25	机器人信息采集与处理	综合性	更新	电子电气	电子系统综合实验	108	60	2018 年春季学期
26	红外光通信系统	综合性	更新	电子电气	电路综合实验	108	60	2018 年春季学期
27	反射高能电子衍射实验	综合性	新增	物理学	真空技术、固体物理、近代物理实验	16	30	2017 年秋季学期
28	气体辉光和等离子光谱分析实验	综合性	新增	物理学	真空技术、近代物理实验	16	30	2017 年秋季学期
29	微波法测量介电常数	基础性	新增	物理学	四级：近代物理实验	16	30	2017 年秋季学期
30	玻璃基底上的 ZnO 厚膜制备及真空条件下的 α 粒子激励发光测试	综合性	更新	物理学	真空技术、固体物理、近代物理实验	18	32	2018 年春季学期
31	铜基底和陶瓷基底上的微米级钛金属薄膜制备及钛膜对氢气的吸放特性测试	创新性	新增	物理学	真空技术、固体物理、近代物理实验	18	32	2018 年春季学期
32	半导体材料的光谱响应度测量	设计性	新增	物理学（师范、非师范）	五级：探索物理实验	54	8-16	2018 年春季学期
33	处理器技术及应用试验	设计性	新增	电子电气	电子系统综合实验	30	60	2018 年春季学期
34	无线通信技术实验	设计性	新增	电子电气	电子系统综合实验	30	60	2018 年春季学期
35	传感器技术及应用实战	设计性	新增	电子电气	电子系统综合实验	30	60	2018 年春季学期

36	物联网应用与服务开发	设计性	新增	电子电气	电子系统综合实验	30	60	2018年春季学期
37	D-D、D-T核反应中子能谱测量	设计性	新增	物理学	原子核物理、近代物理实验	16	40	2018年春季学期
38	潘宁离子源中子管的脉冲中子时间分布谱测量	综合性	新增	物理学	原子核物理、近代物理实验	16	40	2018年春季学期
39	脉冲快热中子瞬发伽玛元素分析	综合性	更新	物理学	原子核物理、近代物理实验	16	40	2018年春季学期
40	中子注量率测量	设计性	新增	物理学	原子核物理、近代物理实验	16	40	2018年春季学期

3.1 实验项目一数字全息记录与光学实时再现实验

3.1.1 实验目的

计算机及 CCD 技术的发展直接推动了全息技术的革新。全息术已涉及形貌测量、微小物体检测、数字全息显微、防伪、医学诊断等许多领域。传统光学全息实验是通过银盐干板或光致聚合物等记录全息图，拍摄过程对环境要求较高，冲洗过程繁琐。本实验在传统全息术基础上，开发了数字全息、计算模拟全息和光学实时再现等全息技术。数字全息是用高分辨率 CMOS 记录全息图，并由计算机对全息图进行数字再现。计算模拟全息是通过计算机模拟全息图，并通过软件实现数字再现。光学实时再现是通过再现空间光调制器上的全息图实现的。通过在实验系统中引入光电成像器件以及数字图像处理技术的应用，对实现物理类本科专业学生的综合专业技能的培养具有重要意义。

3.1.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

本实验在传统全息术基础上，根据菲涅尔衍射理论，开发了数字全息、计算模拟全息和光学实时再现等典型全息技术。数字全息是通过干涉光路，用高分辨率数字摄像机替代干板记录干涉全息图，并由计算机模拟光场以数字的形式对全息图进行再现。计算模拟全息是利用计算机模拟物光和参考光通过计算获得模拟全息图，仍然通过计算机模拟光场实现数字再现。光学实现再现是将模拟全息图或数字全息图加载到空间光调制器，同时用参考光照射，在空间光调制器后面即可用白屏或 CCD 接收再现图像。实验内容包括：

- (1) 理解数字记录、光学记录、数字再现、光学实时再现
- (2) 理解计算模拟全息原理，实现数字记录，数字再现
- (3) 理解可视数字全息原理，在空间光调制器上加载计算模拟全息图，利用再现光路恢复物信息，实现数字记录，光学再现

(4) 理解数字全息实验原理，搭建透射干涉光路采集全息图，通过软件再现物信息，实现光学记录，数字再现

(5) 理解实时传统全息实验原理，了解与传统全息之间的异同，通过空间光调制器再现全息图，完成光学记录，光学再现

(6) 数字全息加密应用

与原有实验的关系：

原有的光存储实验只能再现存储的衍射信号，学生对于光学信息存储的理解不够深入，现改进的实验能够清晰再现全息存储图像，并且完全通过计算机进行数字信号的记录与实时再现，直观而明确，有助于学生对基本物理问题的理解和掌握。本实验为典型的光信息实验，能全面培养学生的综合实验技能。实验内容丰富，知识点清晰，实验现象明显。不但能训练学生动手能力，而且能增强学生分析问题能力。教师还可根据具体情况，将计算模拟全息作为信息光学课程的演示实验。

3.1.3 主要测试参数及指标范围

固体激光器：波长 532nm, 473nm, 671nm, 功率 $\geq 30\text{mW}$ ；含激光夹持器、支座，磁座；三维调整；

激光扩束组件： $\Phi 6$, $f=-9.8$, 含镜座；

光束准直组件： $\Phi 30$, $f150$ 透镜；含支杆，调节支座，磁座；三维调整；

反射镜组件： $\Phi 40$ 加强铝反射镜；含支杆，调节支座，磁座；三维调整；

分光光楔组件：配 $\Phi 50.8$, $T:R=5:5@450\sim 650\text{nm}$, $T:R=9:1@450\sim 650\text{nm}$ ， 45° 入射，楔角 $4^\circ \pm 3$ ，楔面 $450\sim 650\text{nm}$ 宽带增透分光光楔；含支杆，调节支座，磁座；三维调整；

全息照相物：配照相物相关夹持机械件；

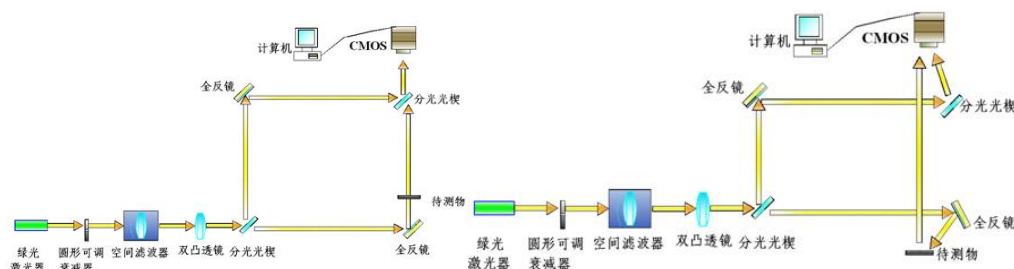
图像传感器：CMOS，靶面尺寸 $1/1.8''$ ，灵敏度 $1.6\text{v}@550\text{nm}/\text{Lux}/\text{s}$ ，帧率 15 帧/秒，分辨率 1280×1024 ，USB2.0；含支杆，调节支座，磁座；

空间光调制器：振幅相位混合调制 1024×768 $0.9''$ ，对比度 1000：（532nm）2000：1（633nm）；显示速度 60Hz，光谱范围 $400\text{nm}—700\text{nm}$ ，含控制器软件，软件特性：亮度/对比度/几何度/ γ 控制；

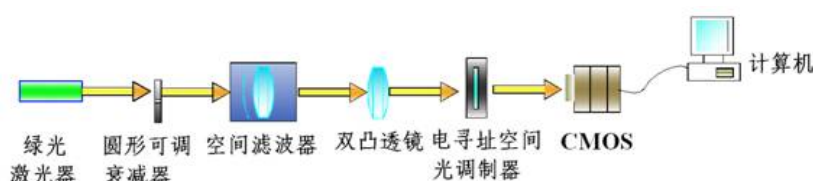
精密机械调整架：角度精度 $\pm 4'$ ，分辨率 0.005mm ，调节机构保证同轴等高，横向偏差 $1'$ ，纵向偏差 $1'$ ；

光学元件：BK7 A 级精密退火材料，焦距 $\pm 2\%$ ，直径 -0.2mm ，中心偏差 $3'$ ，光圈 1-5；局部误差 0.2-0.5，面粗糙度 60/40 (Scratch/Dig)，MgF2 单层增透膜，有效孔径 90%；

3.1.4 实验主要仪器设备连接框图



原理示意图透射全息光路示意图



反射全息光路示意图

3.2 实验项目二体全息晶体存储实验

3.2.1 实验目的

随着信息时代的到来，大量信息的交换与存储已成为信息社会亟待解决的课题，光信息存储技术是上世纪七十年代发展起来的以光波荷载信息的存储技术，具有存储密度大、信息输入速率高、快速随机存取信息及存储寿命长等特点，目前已成为最有应用前景的信息存储和读出技术。其中全息存储技术是利用干涉存储、衍射再现的原理来实现信息的存储和读出，这种方法尤其适合图像的记录和存储。全息存储技术在光计算领域，如光学神经网络、光互连、模式识别和自动控制等领域中有广阔的应用前景，是大容量、高速信息存储领域的前沿研究课题。目前，体全息存储器已经接近实用化阶段。

3.2.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

实验内容：

在信息写入过程中，物光束携带一定信息入射到记录介质，参考光束以特定方向直接到达记录介质，物光和参考光在同一介质体积中形成干涉条纹。记录介质对干涉条纹强度的响应而产生一定的折射率分布，因而在记录介质中形成类似光栅结构的全息图。一边改变参考光相对于全息图的入射角，一边改变物光所携带的信息，不同的图像信息与不同角度的参考光波一一对应，在同一记录介质中可进行角度复用的多重记录。读出过程则利用了光的衍射原理，用适当选择的参考光（是写入过程中某一参考光的复现）照明全息图，衍射光束即可再现出与此参考光相对应的物光信息。

- (1) 马赫-曾德尔干涉仪实验
- (2) 简单光栅的晶体存储实验
- (3) 体积全息图的记录和再现

与原有实验的关系：

原有实验只能再现单幅图像，而现在通过存储介质和存储方式的改进可以同时再现多幅图像，对于学生理解和掌握高密度光存储有极其重要的作用。

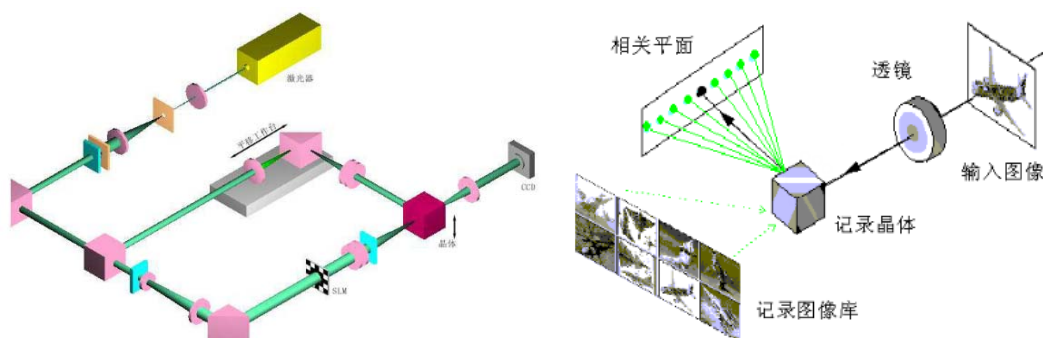
3.2.3 主要测试参数及指标范围

- (1) 光源：波长 532nm, 633nm, 功率>50mW, TEM00, 安全开关；
- (2) 扩束组件：Φ6, f=-9.8, 含镜架；

- (3) 光束准直系统: $\Phi 25.4$, $f150$; 含镜架;
- (4) 马赫-曾德尔干涉系统: $\Phi 40$, 加强铝高反;
- (5) 傅里叶变换透镜: $\Phi 40$, $f200$;
- (7) 分光组件: $25.4 \times 25.4 \times 25.4 \text{mm}$, 偏振分光;
- (8) 空间光调制器: 透射式 LCD; 液晶尺寸 1.3 英寸; 像素 $26\mu\text{m}$; 分辨率分辨率: 1024×768 ; 填充因子: 67%; 相位调制能力 $1.5\pi @ 400\text{--}700\text{nm}$; 透过率: 55%; 刷新频率: 60Hz; 工作波长: $400\text{nm}\text{--}700\text{nm}$; 数据接口: VGA, 灰度阶数: 8 位, 256 阶;
- (9) 可变衰减器: $\Phi 50\text{mm}$, 相对密度范围 0–3.0, 连续可调;
- (10) 半波片组件: $\Phi 25.4\text{mm}$, 工作波长 532nm ; 含支架
- (11) 图像传感器组件: CCD; 图像软件靶面尺寸 $1/3''$; CCD 分辨率 420 线, 灵敏度 0.5lux , 传输速率 40MB/S , 分辨率 $768 \times 576 \times 24\text{Bit (PAL)}$ 四路复合视频输入, 1 路 S-Video;
- (12) 存储晶体: 铌酸锂, $10 \times 10 \times 10\text{mm}$;
- (12) 精密机械调整架: 角度精度 $\pm 4'$, 分辨率 0.005mm , 调节机构保证等双轴等高, 横向偏差 $1'$, 纵向偏差 $1'$;
- (13) 光学元件: BK7 A 级精密退火材料, 焦距 $\pm 2\%$, 直径 $\pm 0.2\text{mm}$, 中心偏差 $3'$, 光圈 1–5; 局部误差 0.2–0.5, 面粗糙度 60/40 (Scratch/Dig), 氟化镁增透膜镀膜, 有效孔径 90%;
- (13) 偏振光学显微镜: 放大倍数 40–1000 倍, 含 500 万像素高清 CCD

3.2.4 实验主要仪器设备连接框图

简单光栅存储实验中, 加入液晶空间光调制器, 可以实现任意加载拍摄图像的功能; 增加旋转台可以精确的实现晶体的角度复用。



体全息存储示意图多幅图像再现示意图

3.3 实验项目三 真空热蒸发镀膜

3.3.1 实验目的

掌握真空的定义, 并能够列举出真空技术在生产生活和科学技术方面的几个应用实例。掌握真空的单位换算和真空区域的划分及其应用领域。了解真空泵的类型及工作原理。了解真空计的类型及工作原理。

3.3.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

实验内容:

(1) 对 V (储气室) 抽气。关 K1, 开机械泵电源, 开 K2, 开热偶真空计电源, 将波段开关拨到 V1 测量挡, 用 G1 测 V 中真空度达到 5Pa 以上, 关 K2。

(2) 对 V1(校准室)抽气 (8080ml)。开 K3、K4, 将热电偶真空计波段旋钮拨到 V2 测量挡, 用 G2 测量 V1 中真空度, 当真空度高于 5Pa 时, 打开扩散泵水源和电源, 开始记录 V1 中压强随时间变化, 当真空度达到 0.1Pa 时开电离真空计 G3 灯丝开关, 当真空度达 10^{-3} Pa 时停止记录压强随时间变化。

(3) 做校准准备。做已知压强: 关玻璃阀门 K8, 调节 K7, 往 V 中充入气体, 在 G4 中做 100mm 左右的油柱差 (约 10^3 Pa); 关电离真空计灯丝开关, 关 K4, 关扩散泵电源。

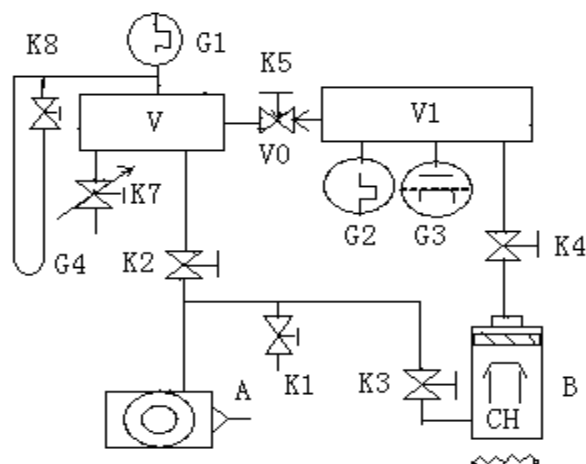
(4) 校准。用已知体积 K5 ($V_0=1.5\text{ml}$) 往 V1 中膨胀 V 中已知压强气体, 每膨胀一次, 记录一个热偶真空计上电压值和膨胀次数, 当每次膨胀电压值变化较小时, 可增加膨胀次数或用 K6 (7.5ml), 经过多次膨胀, 在电压降到 0.5mV 时, 膨胀结束。用膨胀次数 n, 根据实验原理 ($P_n=n \times V_0/V_1 \times \rho_{\text{油}}/\rho_{\text{汞}} \times h \times 133.32$) 公式计算膨胀次数 n 对应的压强值 ($\rho_{\text{油}}=1.09\text{g/ml}$ 、 $\rho_{\text{汞}}=13.6\text{g/ml}$)。

与原有实验的关系: 原有实验设备老化陈旧, 部分重要组件更新。

3.2.3 主要测试参数及指标范围

复合真空计测试精度 10^{-4} Pa, 直流稳压电源: 30V, 300A

3.2.4 实验主要仪器设备连接框图



真空蒸发镀膜系统框架图

连接框图说明:

A 是旋片真空泵及电源; B 是油扩散泵及电源; K1-K7 是阀门; G1、G2 是热偶规管; G3 是电离规管; G4 是 U 型管真空计, V 是指针式真空计, V1 是复合真空计

3.4 实验项目四：光谱综合实验

3.4.1 实验目的

1. 理解发射光谱、吸收光谱、反射光谱、透射光谱的概念。
2. 学习光谱仪的结构和工作原理。
3. 掌握光谱分辨率的概念和影响因素。
4. 学习光谱仪的校正方法。

3.4.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

1. 自组光谱仪并校正。
2. 分析光谱仪的分辨率及影响因素。
3. 测量普通玻璃、光学玻璃、滤光片等的透射光谱和反射光谱，并分析光经过这些物质时发生的各种过程。
4. 用测量印刷品、彩色玻璃、衣物等的光谱，分析物体颜色和光谱特性的关系。
5. 定量测定光学滤光片的透过率。
6. 用白光干涉方法测定薄膜厚度。

3.4.3 主要测试参数及指标范围

1. 自组光谱仪覆盖波段，350~750nm.
2. 自组光谱仪分辨率， $<1\text{nm}$ 。
3. 校正光谱仪的波长值，准确度 $<5\text{nm}$ 。
4. 用光纤光谱仪测定物体的透射光谱、反射光谱，光谱范围：350nm~750nm。

3.4.4 实验主要仪器设备连接框图

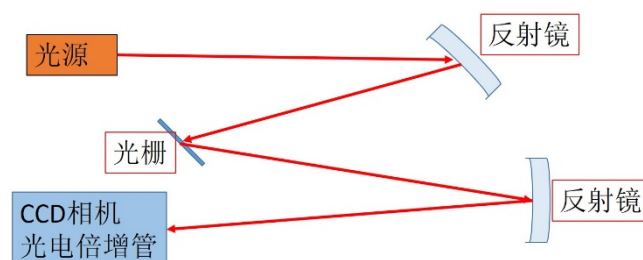


图 1：自组光谱仪示意图

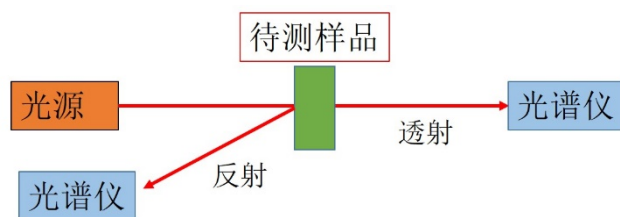


图 2：透射、反射光谱测量示意图

3.5 实验项目五：微区光谱

3.5.1 实验目的

1. 掌握显微镜系统的基本结构和放大微小物体的基本原理。
2. 了解显微镜系统各项参数的物理意义。
3. 练习显微镜系统的调节技能。
4. 学习微小区域光谱的测量方法。
5. 学习能量-角度色散光谱的测量和分析方法。

3.5.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

光谱测量是当今科学研究和工业生产中的一项重要技术手段，在物理、化学、生命科学等诸多领域的研究中，样品光学性质的表征都是必不可少的内容。特别是随着近年来纳米科学技术的飞速发展，微小区域的成像和光谱测量变得越来越重要。然而目前我们本科阶段所开设的光学实验，主要集中在基本的光学现象的演示和基础理论的验证，学生接触到的光谱测量部分非常少，并且绝大多数学生对光谱测量设备的构造和技术细节了解都非常少。

为了让学生能够深入理解微小区域光谱分析的基本方法，锻炼光学实验技能，本项目拟采用白光光源、显微物镜、精密平移台和消像差透镜等元件，自组微小区域成像及光谱分析系统，测量纳米薄膜和微腔等样品的光谱特性，并分析样品的能量-角度色散性质。借助可复位调整架和分光棱镜等元件，本实验可实现反射谱、透射谱、光致发光光谱等多种测试系统的快速切换。本实验可加深学生对显微镜系统基本知识和参数的理解，锻炼学生调节精密光路的能力，令学生在以后的工作中能更加深入、灵活地运用光学设备，同时使学生对物质光学性质的分析形成系统认识。

3.5.3 主要测试参数及指标范围

1. 可选择直径为 50 微米的样品范围，测量反射光谱。
2. 可测量反射光强度随波长和入射角度的变化。

3. 可测量激光激发样品产生的荧光光谱。

3.5.4 实验主要仪器设备连接框图

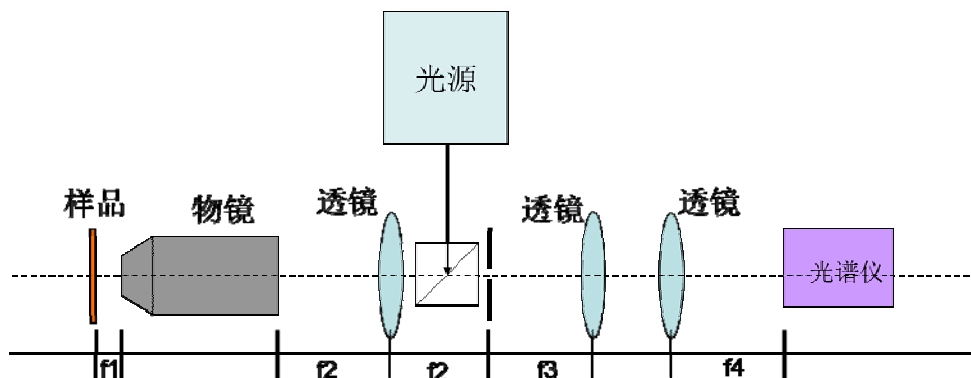


图 3：微区光谱结构示意图

3.6 实验项目六：角度分辨光谱

3.6.1 实验目的

1. 掌握光的吸收、反射、散射等基本概念。
2. 了解物质的光致发光、电致发光等物理过程。
3. 学习测量变角度透射光谱、反射光谱、和散射光谱。

3.6.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

本科阶段，学生已经了解了光学的基本知识，掌握了一些几何光学、波动光学的基本概念，但在光与物质的相互作用领域并未深入探究，本科阶段的实验也没有综合研究光入射到介质中发生的反射、透射、吸收、散射等过程。此外，在本科阶段的实验中，学生见到了一些偏振光的基本现象，但对于光线斜入射时偏振态的影响还没有仔细研究，而这在光学技术研究和应用中恰恰是一项重要内容。学生在进行与光学相关的探索性实验和光学相关研究工作时常常需要从头学习上述光学基本知识。

本实验项目拟采购双层转台、格兰-泰勒棱镜、精密平移台和光谱仪等设备，组建一套角度分辨光谱测量系统，测量光以不同角度、不同偏振态入射到介质时的透射、反射、散射和光致发光光谱。本实验可以令学生加强对光与介质相互作用过程的理解，了解 CCD 相机、光电倍增管等光电探测器的使用方法、锻炼学生操作光学仪器的能力。

3.6.3 主要测试参数及指标范围

1. 350nm-800nm 角度分布光谱透过率测量。

2. 350nm-800nm 全波段角度分布光谱反射率测量。

3. 变角度散射光谱测量。

4. 不同偏振态光谱性质研究。

5. 角度分布光致发光光谱测量。

3.6.4 实验主要仪器设备连接框图

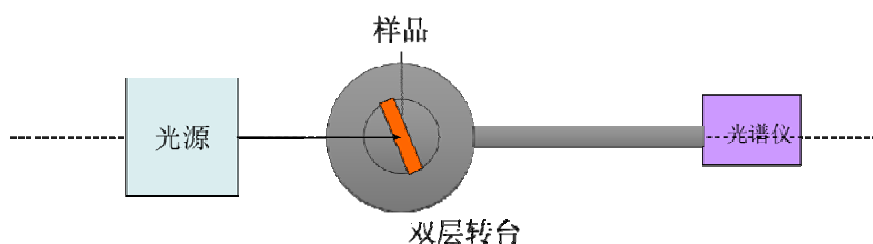


图 4：角度分辨光谱结构示意图

3.7 实验项目七 半导体电学性质测量

3.7.1 实验目的

本实验的目的是使学生深入理解半导体材料的电学性质，深入探究半导体材料在不同温度条件下的导电行为，为今后研究半导体材料的物性与器件制备打好基础。

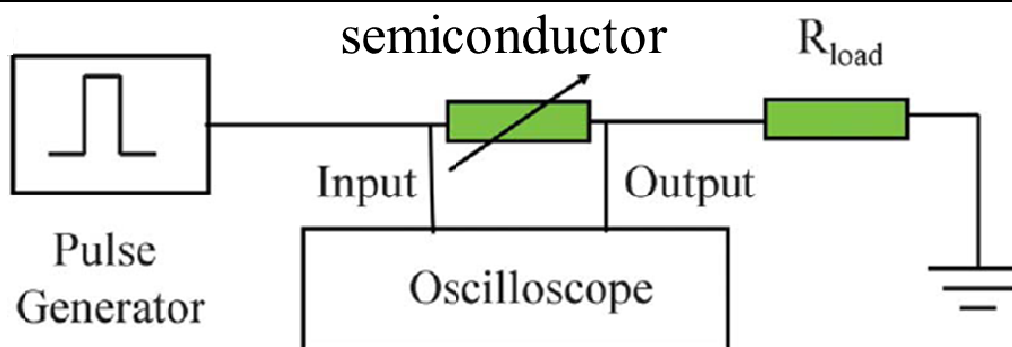
3.7.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

半导体材料是信息技术发展的基础。原有的电学实验都是测量定值电阻(如：伏安法测电阻)，并且都是使用现成的仪器。本实验让同学们自己动手搭建、组装测试半导体电学性质所需的仪器和设备，探究半导体材料在不同温度条件下的导电行为；对半导体材料进行不同温度下的热处理，研究退火温度、气氛对半导体电学性质的影响；深入了解半导体材料的电学性质，为今后研究半导体材料的物性与器件制备打好基础。

3.7.3 主要测试参数及指标范围

样品导电类型 (p 型或 n 型)、霍尔系数、电导率(10^{-3} - 10^3 S/m)、迁移率(1 - 100 cm^2/Vs)、载流子浓度(10^{15} - 10^{19} cm^{-3})、电阻率 (10^{-3} - 10^3 $\Omega \cdot \text{cm}$) 等。

3.7.4 实验主要仪器设备连接框图



3.8 实验项目八 氧化物半导体薄膜的光学/电学性质测量

3.8.1 实验目的

半导体材料是信息技术发展的基础，是现代众多科学技术发展的基石。本实验的目的:1)使学生深入理解半导体材料的电学性质，深入探究半导体材料在不同温度条件下的导电行为，为今后研究半导体材料的物性与器件制备打好基础;2)使学生深入理解半导体材料的光学性质，探究半导体材料在不同温度条件下的发光、吸收等光学现象，为今后研究半导体材料的物性与器件制备打好基础。

3.8.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

半导体材料是信息技术发展的基础。原有的电学实验都是测量定值电阻（如：伏安法测电阻），并且都是使用现成的仪器。本实验让同学们自己动手搭建、组装测试半导体电学性质所需的仪器和设备，探究半导体材料在不同温度条件下的导电行为；通过在不同气氛下的热退火处理，对氧化物半导体材料进行掺杂改性；深入了解半导体材料的电学性质，为今后研究半导体材料的物性与器件制备打好基础。

原有的光学实验集中在对光本身的物理性质的探究和理解（如：牛顿环）。本实验让同学们自己动手搭建、组装测试半导体光学性质所需的仪器和设备，探究半导体材料在不同温度条件下的发光、吸收等光学行为；通过在不同气氛下的热退火处理，对氧化物半导体材料进行掺杂改性；深入了解半导体材料的能带结构、光学性质等；结合材料晶体学、电学分析方法，为今后深入研究半导体材料的物性与器件制备打好基础。

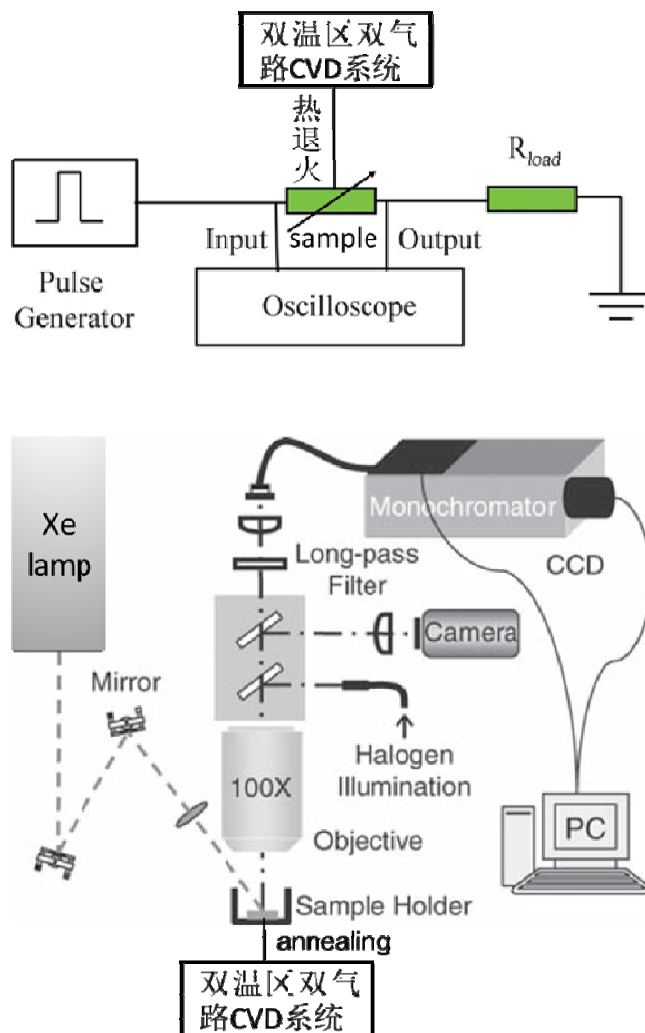
3.8.3 主要测试参数及指标范围

样品导电类型(p 型或 n 型)、霍尔系数、电导率(10^{-3} - 10^3 S/m)、迁移率(1 - 100 cm^2/Vs)、载流子浓度(10^{15} - 10^{19} cm^{-3})、电阻率 (10^{-3} - 10^3 $\Omega\cdot\text{cm}$) 等。

光学跃迁类型（直接带隙或间接带隙）、光学带隙（ 1.5 - 5.0 eV）、吸收系数（ 10^5 - 10^8

cm^{-1} ）、吸收边能量（1.7-4.8 eV），带尾态密度估算、发光峰位（300-800 nm）、半峰宽度等。

3.8.4 实验主要仪器设备连接框图



3.9 实验项目九发光动力学研究

3.9.1 实验目的

测试基质/稀土离子不同能级的寿命，分析材料的发光特性。

3.9.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

选择 980nm、808nm、595nm、532nm、488nm、464nm、355nm、266nm 的激光激发样品，用单色仪分光、定波长采集样品发光衰减情况，将数据由示波器导出到电脑进一步分析、进行 e 指数拟合，进而分析其发光动力学机理。

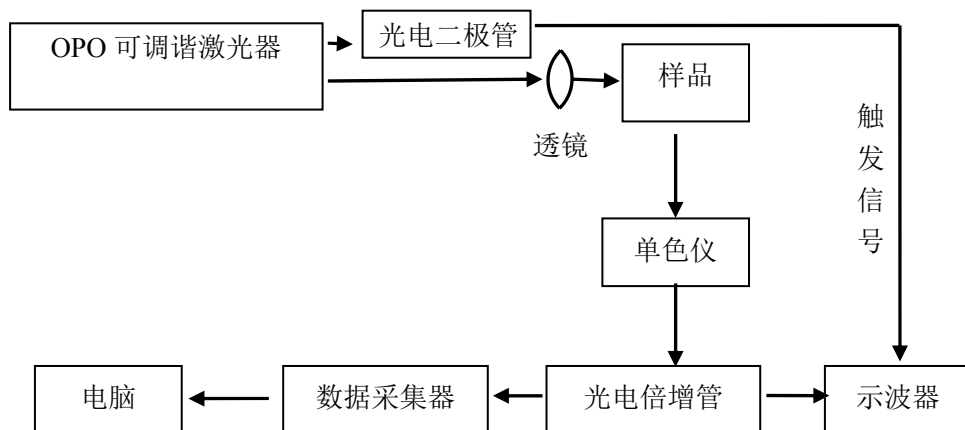
3.9.3 主要测试参数及指标范围

OPO 激光器：Nd:YAG 激光器部分，输出波长为 355 nm，脉冲宽度约为 6 ns；光学参量振荡器（OPO）脉冲宽度约为 5 ns，

数据采集：时间分辨率优于 2ns，采样率 20GHz，垂直分辨率 2mV

光电倍增管 PMT：响应波段 200–900 nm

3.9.4 实验主要仪器设备连接框图



发光动力学测试装置示意图

3.10 实验项目十 瞬态光电压测量

3.10.1 实验目的

测量材料的瞬态光伏特性；分析载流子迁移寿命。

3.10.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

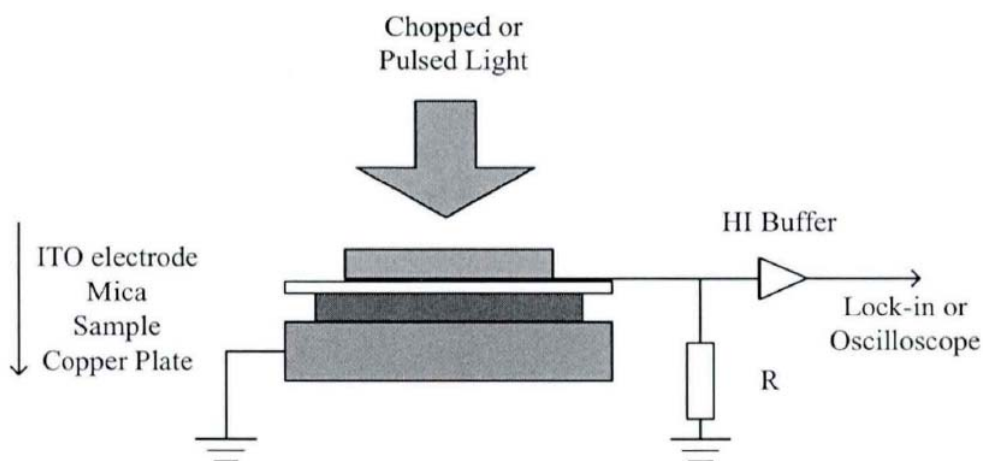
调节 OPO 激光器输出不同波长的激光，激发样品，样品产生的光生电压电压变化由示波器记录，拟合分析载流子寿命。

3.10.3 主要测试参数及指标范围

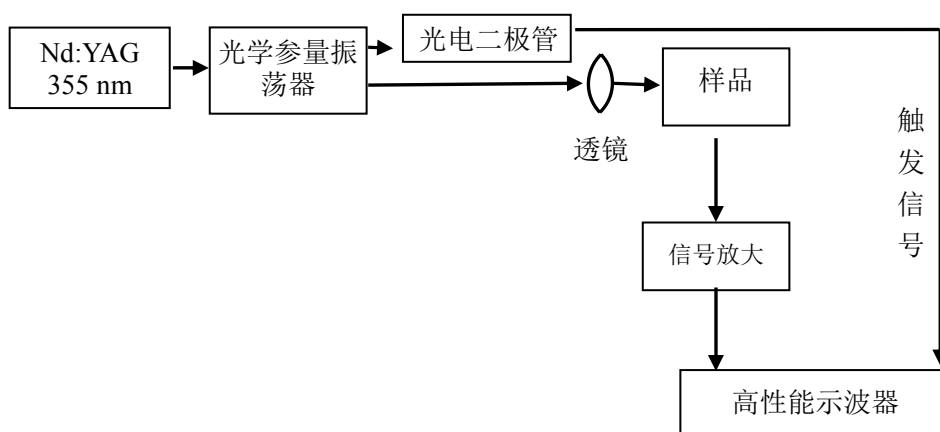
激发源：激发源脉冲宽度小于 8ns，

数据采集：采样率 20GHz，时间分辨率优于 2ns，垂直分辨率 2mV

3.10.4 实验主要仪器设备连接框图



光电压测试基础单元原理示意结构图



瞬态光电压测试装置示意图

3.11 实验项目十一稀土低温荧光光谱测量及非接触式低温测量技术研究

3.11.1 实验目的

依据 2015 版《高等学校理工专业类教学质量国家标准-物理学专业类》中对于物理实验建议开设“荧光光谱”实验和“低温的获得与测量”实验的建议，开设“稀土荧光光谱测量及基于荧光光谱的非接触式低温测量技术研究”实验，通过稀土荧光光谱测量，让学生学习稀土离子的能级跃迁及跃迁选择定则，并基于激发光谱和发射光谱的测量，比较深入地了解晶格振动这一物理概念，以及学习上转换发光、LEDs 用荧光粉等发光前沿领域。通过基于荧光光谱的非接触式低温测量，让学生学习目前广泛用于人体组织等特殊环境的非接触式温度测量这一前沿技术，提高对测温技术的认识。

3.11.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

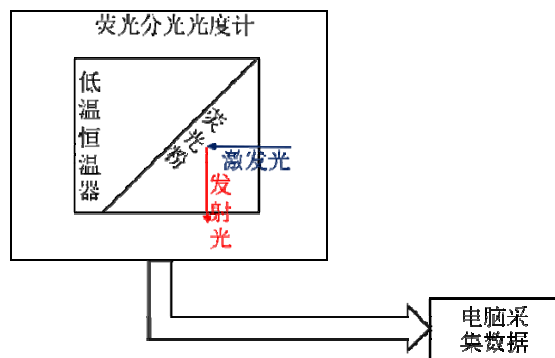
实验内容：采用固相合成手段，辅以化学合成手段，合成不同组份的稀土发光材料，测量不同种类稀土发光离子的激发光谱与发射光谱，从而比较深入地了解能级跃迁，特别是稀土离子的光致发光机理，探究其在 LED 用荧光粉等领域的应用。另外，测量某些稀土发光中心在不同温度下的荧光光谱，获得非接触式低温温度计，并与热电偶温度计的测量结果、工作原理进行比较分析。

与原有实验的关系：“基于荧光光谱的非接触式低温测量技术研究”，与已开设的“热电偶温度计的校准”实验相结合，可以分别从“电”和“光”的角度进行温度测量，由于基于荧光光谱的低温测量为非接触式温度测量，从而可以大大丰富低温探测的技术手段，并显著提升温度探测实验的广度和深度，使得实验室的低温探测极具特色。

3.11.3 主要测试参数及指标范围

荧光分光光度计：激发波长范围为 220–700nm，发射波长范围为 220–900nm，信噪比 1000:1，扫描速度可达每分钟 60000nm，可进行激发光谱与发射光谱的自动校正。

3.11.4 实验主要仪器设备连接框图



3.12 实验项目十二交流阻抗谱及氧离子传导特性研究

3.12.1 实验目的

使学生掌握交流阻抗谱这一电学、催化、腐蚀领域中的重要研究手段，同时比较深入理解氧离子导体这一重要的半导体材料的传导特性及影响机制，并初步学习和体验如何进行材料领域的科学研究。

3.12.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

实验内容：氧离子传导材料在固体氧化物燃料电池等领域广受青睐，获得高电导率样品以及对其电学性质的研究至关重要。由于其通常为多晶陶瓷材料，因此要采用交流阻抗谱技术来获得

对应的晶粒导电和晶界导电的能力。本实验拟基于交流阻抗谱技术,研究目前常用的几类电解质材料(掺杂 CeO_2 基、 ZrO_2 基等)的晶粒电导率、晶界电导率对掺杂浓度、尺寸等的依赖关系,以及阴、阳极材料的电催化特性,深入理解离子晶体的导电性这一重要基本概念。

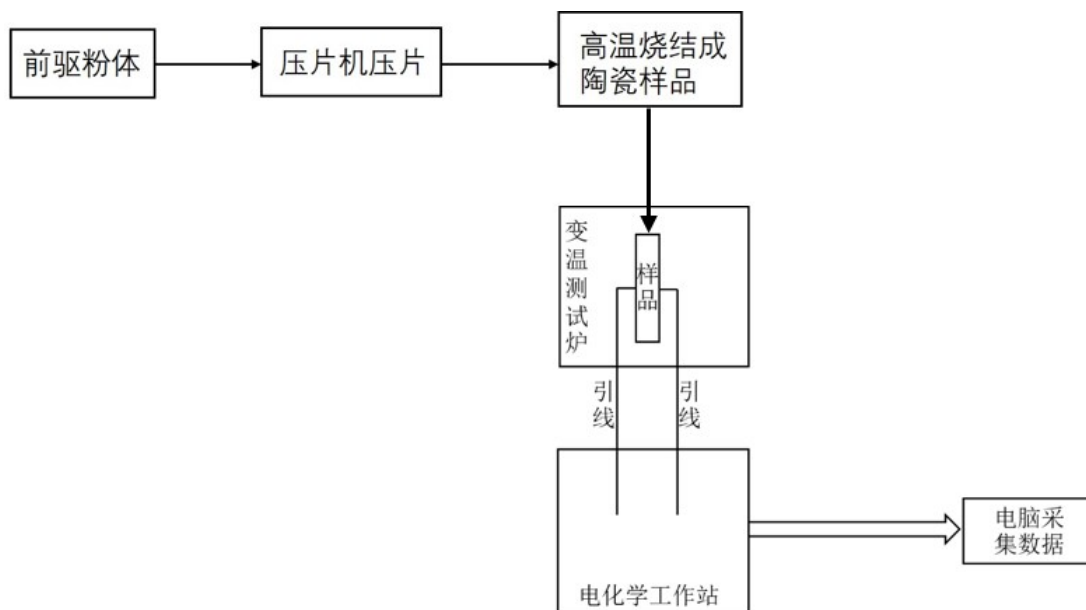
与原有实验的关系: 新增

3.12.3 主要测试参数及指标范围

压片机(带模具): 压力范围: 0-25Mpa, 活塞直径: 87mm, 模具直径: 13mm。

电化学工作站: 交流阻抗频率范围: 0.00001-1MHz, 交流阻抗波形幅度: 0.00001V 至 0.7V

3.12.4 实验主要仪器设备连接框图



3.13 实验项目十三金纳米材料的光动力学研究

3.13.1 实验目的

利用不同形貌和尺寸的金属纳米材料,通过调节样品参数获取相应的热转换效率,并能够通过红外热成像仪拍摄相应的温度变化,通过该实验能够使学生理解金属材料吸收特定频率的光能转换成热能的过程。

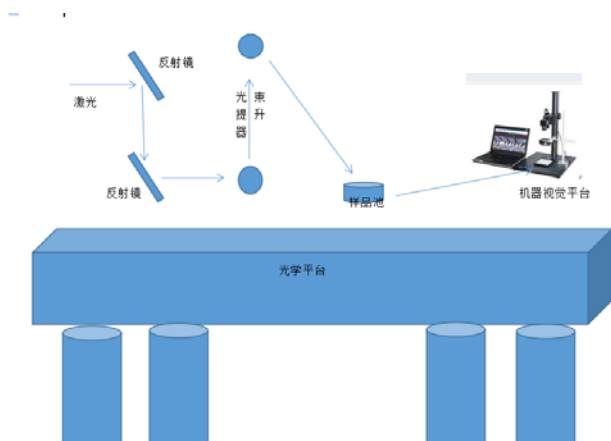
3.13.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

该研究实验内容主要包括: (1) 获取金属样品,通过光谱吸收确定其消光范围,目的是选择相对应的激发光源; (2) 选择相对应的激发光谱,利用激光功率计测试激光光源与样品作用前后的功率变化情况,利用吸收光谱记录光照之后样品温度的变化,由此计算出光热转化效率;利用红外热成像仪拍摄样品吸收光能转换成热能的温度变化情况。

3.13.3 主要测试参数及指标范围

测试样品在可见-近红外区的光学吸收值;测试样品在激光光源不同位置的光吸收密度值;测试样品的光热转换效率;测试样品的温度升高范围.

3.13.4 实验主要仪器设备连接框图



3.14 实验项目十四放大器的设计与制作

3.14.1 实验目的

培养学生理论联系实际的能力,验证和巩固放大电路的基础理论和基本知识,培养学生的实验操作技能和动手实践能力,训练学生思考、研究、创新的思维模式,提高学生分析和解决实际问题的能力。

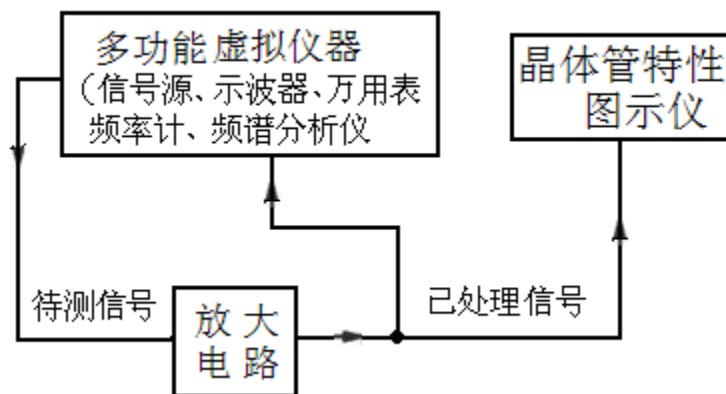
3.14.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

在基本低频放大电路的基础上,主要设计和制作如宽带放大电路、高效音频功率放大电路、测量放大电路、程控放大电路、D类功率放大电路等各种不同类型的实用放大电路,扩大了电路的应用范围。

3.14.3 主要测试参数及指标范围

电压增益、功率增益、频带宽度、输入阻抗、输出阻抗、增益调节范围、输出功率、效率、失真度等。

3.14.4 实验主要仪器设备连接框图



3.15 实验项目十五信号变换与处理电路

3.15.1 实验目的

培养学生理论联系实际的能力,验证和巩固课堂讲授的基础理论和基本知识,训练学生思考、研究、创新的思维模式,提高学生分析和解决实际问题的能力。

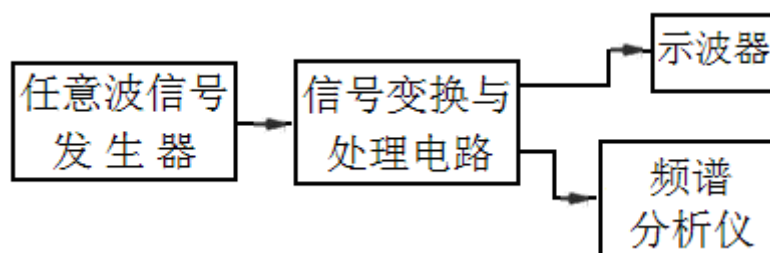
3.15.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

原有实验单元电路少,内容单一。本课题将多个知识点进行融合,学生自行设计和制作信号变换与处理类电路,如滤波电路、信号调理电路、电压/电流变换电路、频率/电压变换电路、锁相环电路应用电路、模数转换电路、数模转换电路等,扩展了该类电路的深度和广度。

3.15.3 主要测试参数及指标范围

传递函数的幅频特性曲线、传递函数的相频特性曲线、输出信号的电压范围、输出信号的频率、输出信号的精度、输出信号的失真度等。

3.15.4 实验主要仪器设备连接框图



3.16 实验项目十六通信类电路的设计与制作

3.16.1 实验目的

培养学生理论联系实际的能力,验证和巩固课堂讲授的基础理论和基本知识,训练学生思考、

研究、创新的思维模式，提高学生分析和解决实际问题的能力。

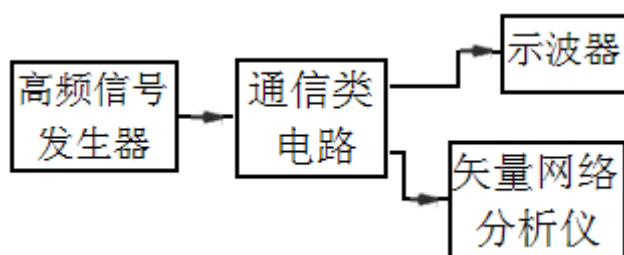
3.16.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

原有实验单元电路少，内容单一。本课题将多个知识点进行融合，学生自行设计和制作通信电路系统，如调幅发射系统、调幅接收系统、调频发射系统、调频接收系统、无线遥控系统、无线环境监测模拟系统等。

3.16.3 主要测试参数及指标范围

中心频率、频带宽度、最大不失真输出功率、灵敏度、选择性、带负载能力等。

3.16.4 实验主要仪器设备连接框图



3.17 实验项目十七 薄膜的光电导效应测试

3.17.1 实验目的

- (1) 掌握薄膜电阻的测量方法。
- (2) 掌握半导体薄膜的伏安特性和光谱响应特性。
- (3) 比较不同半导体薄膜 (TiO_2 、 CdS 、 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$) 的光电导性质。

3.17.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

无原有实验

3.17.3 主要测试参数及指标范围

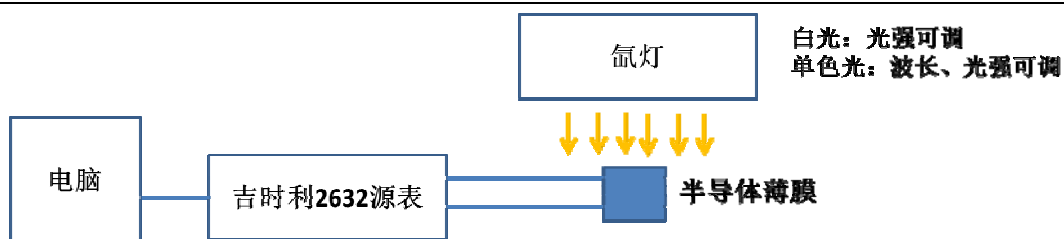
(1) 伏安特征测量

给定光照强度 (I) 下，电压在 (0-5 V)，变化范围内，测量流过光敏电阻的电流

(2) 光谱特性测量

半导体薄膜在单色光照射下，电压在 (0-5 V)，变化范围内，测量流过光敏电阻的电流。观察半导体薄膜对不同波长光的灵敏度

3.17.4 实验主要仪器设备连接框图



3.18 实验项目十八太阳能电池的光伏特性测试

3.18.1 实验目的

- (1) 掌握太阳能电池的工作原理
- (2) 掌握太阳能电池的光电性能参数及测试方法。
- (3) 比较集中典型的太阳能电池（多晶硅太阳能电池、量子点太阳能电池、染料敏化太阳能电池）光电性能差异。

3.18.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

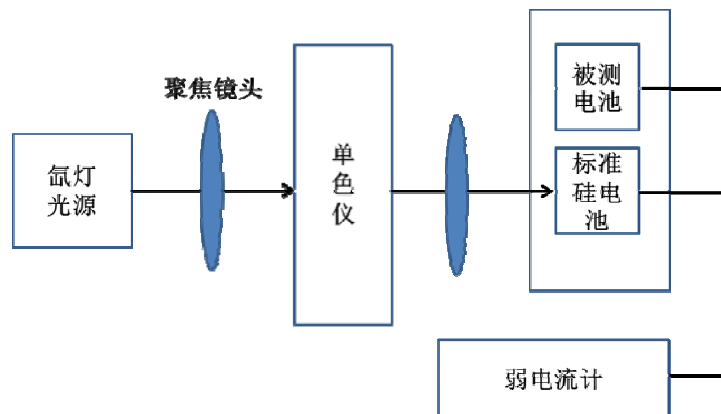
无原有实验

3.18.3 主要测试参数及指标范围

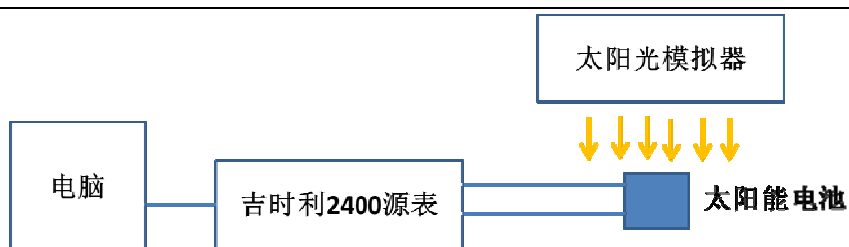
- (1) 短路电流 (J_{sc})
- (2) 开路电压 (V_{oc})
- (3) 填充因子 (FF)
- (4) 功率转换效率
- (5) 入射单色光子-电子转化效率 (IPCE)

3.18.4 实验主要仪器设备连接框图

(1) IPCE 测试



(2) J-V 曲线



3.19 实验项目十九 染料敏化 TiO₂ 太阳能电池的制备及光电性能测试

3.19.1 实验目的

- (1) 掌握染料敏化太阳能电池关键材料的制备方法和电池组装方法。
- (2) 了解染料敏化太阳能电池的工作原理及光电性能特点。
- (3) 掌握评价染料敏化太阳能电池性能的方法。

3.19.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

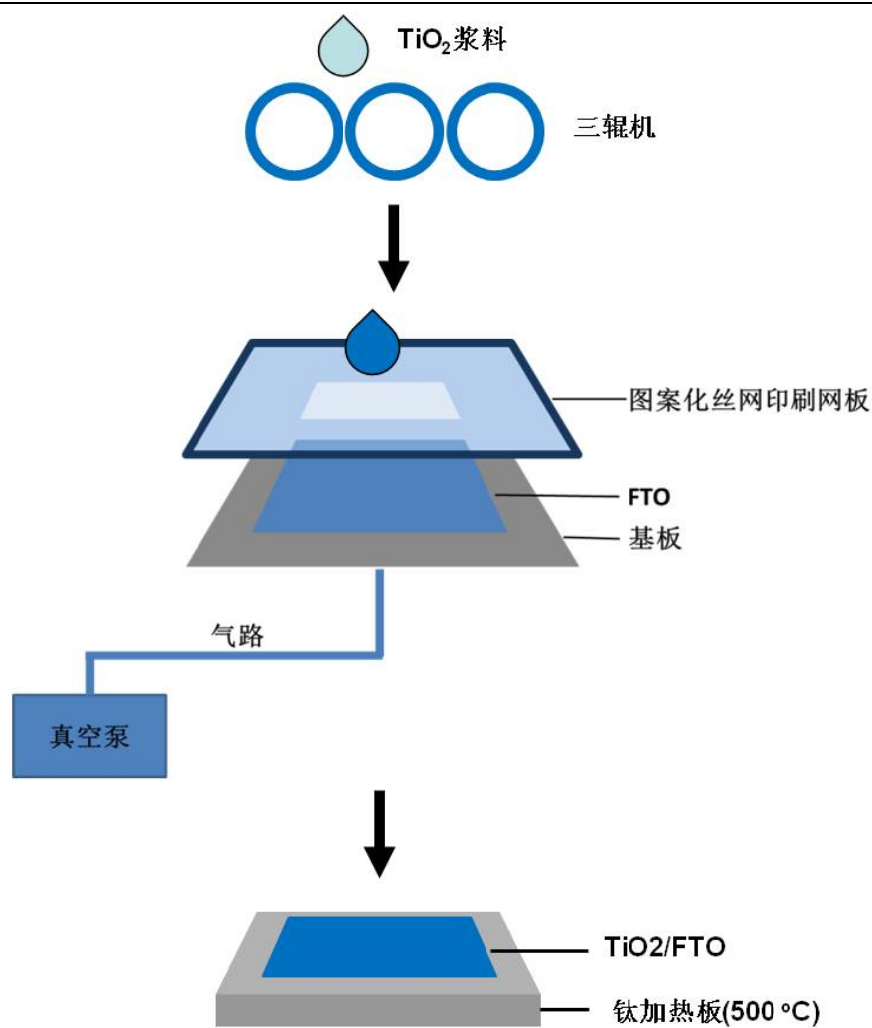
无原有实验

3.19.3 主要测试参数及指标范围

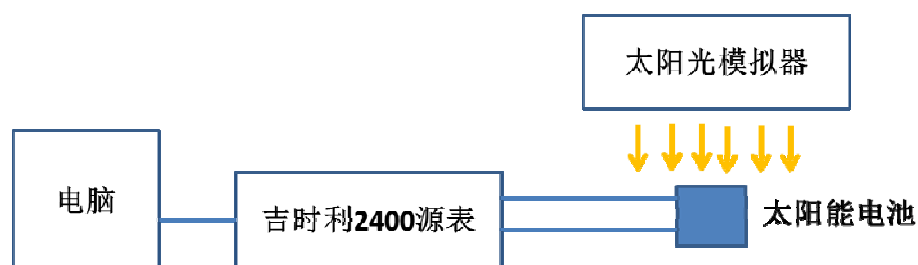
- (1) 短路电流 (J_{sc}): 7-10 mA/cm²
- (2) 开路电压 (V_{oc}): 0.65-0.72 V
- (3) 填充因子 (FF): 0.62-0.72
- (4) 功率转换效率 (PCE): 5-8%

3.19.4 实验主要仪器设备连接框图

- (1) TiO₂ 光阳极薄膜制备



(2) J-V 曲线



3.20 实验项目二十 并行口输入输出实验——循环彩灯控制

3.20.1 实验目的

- (1) 掌握并行口的输入输出编程方法；
- (2) 掌握分支和循环程序的设计方法；
- (3) 掌握程序的调试方法；
- (4) 掌握外部中断程序的设计方法；
- (5) 掌握 LED 和开关的连接方法。

3.20.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

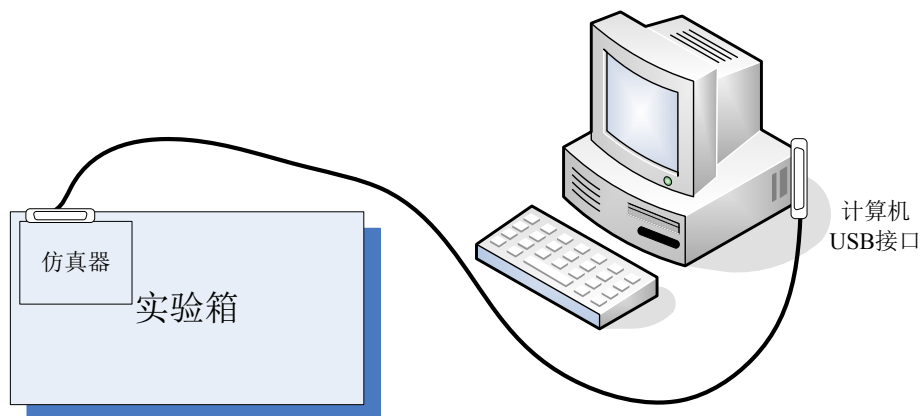
实验内容：P1 口接 8 个开关，P0 口接 8 个灯，每个开关对应一个灯，实时读取开关状态，开关闭合时，灯亮。开关断开时，灯灭。

与原有实验箱的关系：原有单片机接口技术实验箱数量不足，因此新增实验设备。

3.20.3 主要测试参数及指标范围

正确读取开关状态，显示正常。

3.20.4 实验主要仪器设备连接框图



3.21 实验项目二十一 RS232、RS485 串行通信实验

3.21.1 实验目的

- (1) 学习使用 MAX232 实现单片机与微机的串行通讯；
- (2) 掌握基于 RS-485 的串行通信的基本原理。

3.21.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

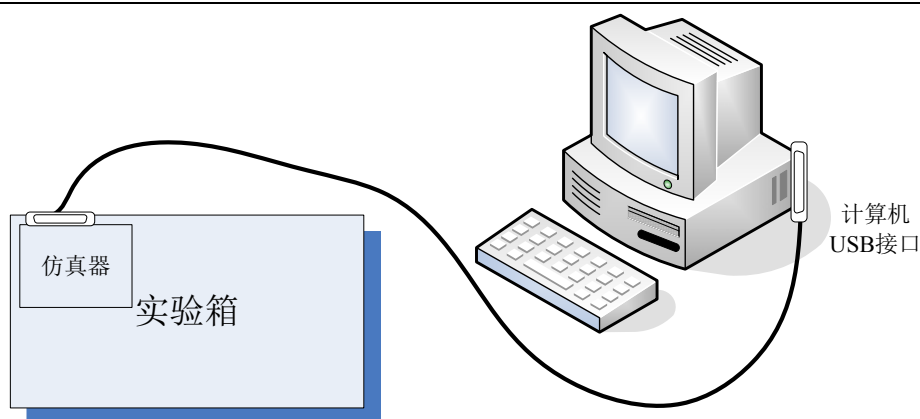
实验内容：使用单片机和 MAX485 建立距离不低于 5 米的串行通信系统，并研究通信距离与通信速度的关系。

与原有实验箱的关系：原有单片机接口技术实验箱数量不足，因此新增实验设备。

3.21.3 主要测试参数及指标范围

建立 5 米以上的通信系统，并得到通信距离与通信速度的关系。

3.21.4 实验主要仪器设备连接框图



3.22 实验项目二十二 8 位可逆计数器设计

3.22.1 实验目的

- (1) 熟悉实验箱结构;
- (2) 掌握 VHDL 语言的编程方法;

3.22.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

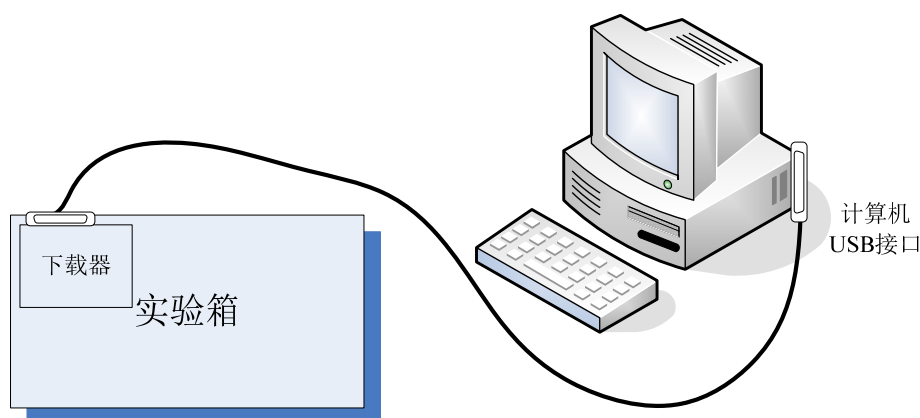
实验内容: 计数脉冲可以手动输入, 也可以用脉冲源输入, 计数方向与脉冲源选择均通过开关完成。

与原有实验的关系: 丰富了原有实验箱的外围电路, 改进教学条件。

3.22.3 主要测试参数及指标范围

手动输入和脉冲源输入两种方式下 8 位可逆计数器均正常工作。

3.22.4 实验主要仪器设备连接框图



3.23 实验项目二十三 基于 Zigbee 的室内无线定位方法研究

3.23.1 实验目的

- (1) 掌握 Zigbee 无线工作原理;
- (2) 掌握 Zigbee 组网技术。

3.23.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

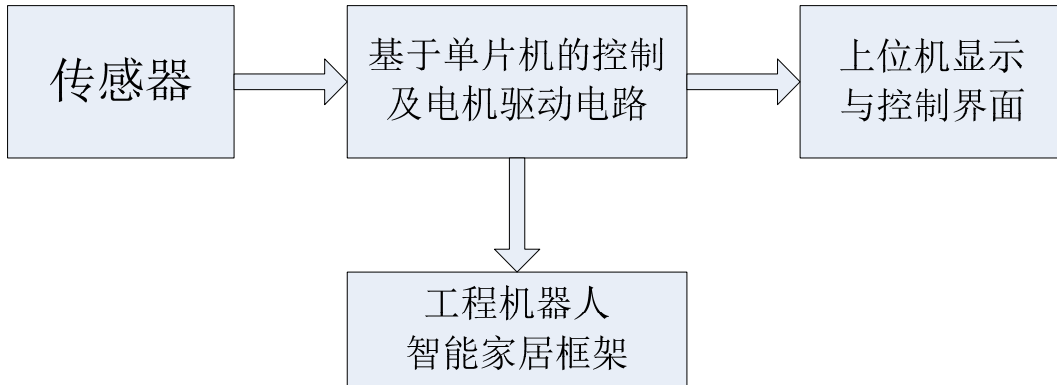
实验内容：研究 Zigbee 无线工作原理；设计基于 Zigbee 的室内无线定位系统。

与原有实验的关系：改革教学内容。

3. 23. 3 主要测试参数及指标范围

室内定位精度达到米级。

3. 23. 4 实验主要仪器设备连接框图



3. 24 实验项目二十四 运动控制系统设计

3. 24. 1 实验目的

- (1) 掌握各类传感器的综合使用方法。
- (2) 掌握自动控制技术及其应用。

3. 24. 2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

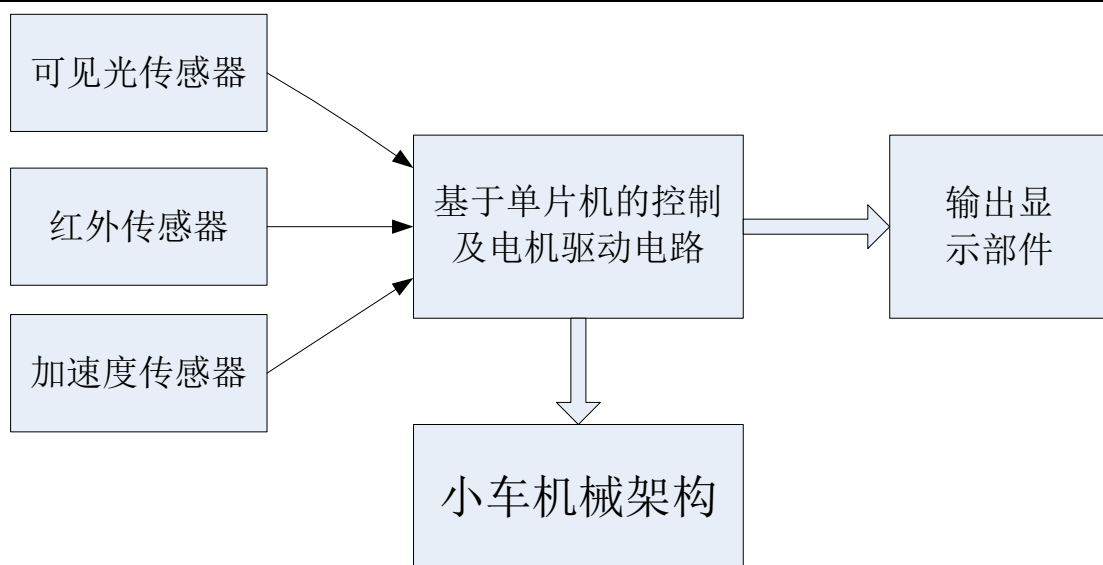
实验内容：使用模块化机器人套件，设计能够自动循线运行的智能车型机器人。

与原有实验的关系：改革教学内容。

3. 24. 3 主要测试参数及指标范围

- (1) 小车可以识别以黑白线标记的各种复杂道路，并快速通过。
- (2) 小车可识别坡道，并对速度做出相应调整。

3. 24. 4 实验主要仪器设备连接框图



3.25 实验项目二十五 机器人信息采集与处理

3.25.1 实验目的

- (1) 掌握机器人信息采集与抗干扰处理方法；
- (2) 使用硬件描述语言实现机器人信息采集与处理。

3.25.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

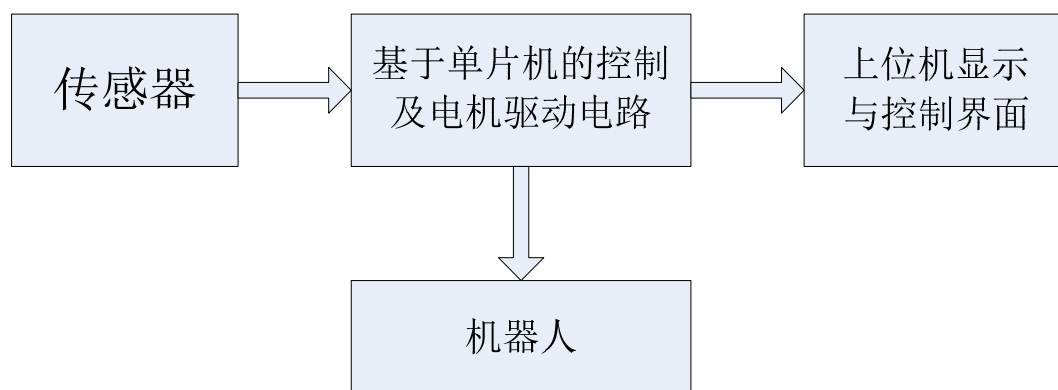
实验内容：使用机器人（类人），并控制其在马路上自由行走，自主识别并躲避障碍。

与原有实验的关系：改革教学内容。

3.25.3 主要测试参数及指标范围

机器人可在马路上自由行走，自主识别并躲避障碍物

3.25.4 实验主要仪器设备连接框图



3.26 实验项目二十六 红外光通信系统

3.26.1 实验目的

培养学生理论联系实际的能力，培养学生的实验操作技能和动手实践能力，训练学生思考、

研究、创新的思维模式，提高学生分析和解决实际问题的能力。

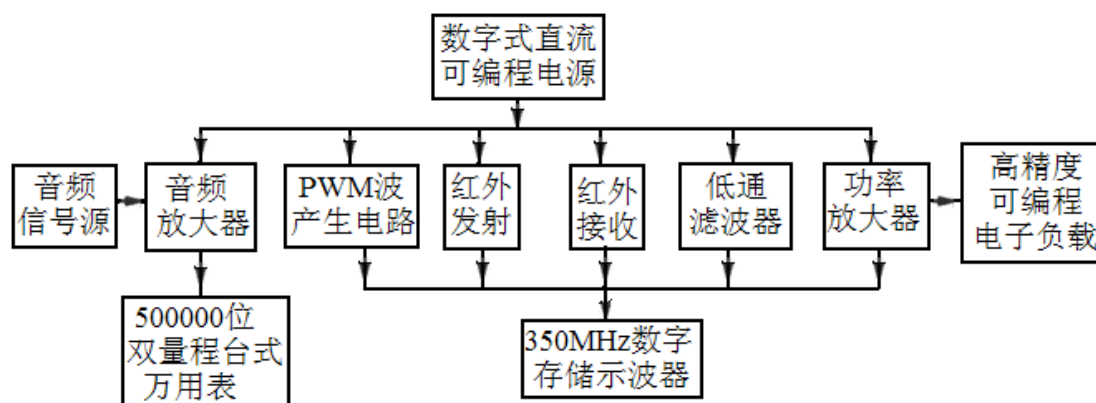
3.26.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

原有实验单元电路少，内容单一。本课题将多个知识点进行融合，利用红外光通信系统实现无线传输音频信号。课题由放大电路、调制电路、整流电路、红外发射接收电路、低通滤波器、音频功放电路几大模块构成。

3.26.3 主要测试参数及指标范围

电压增益、功率增益、滤波器截止频率、PWM 波形、红外发射接收失真度等。

3.26.4 实验主要仪器设备连接框图



3.27 实验项目二十七 反射高能电子衍射实验

3.27.1 实验目的

反射式高能电子衍射是高能电子衍射的一种工作模式。它将能量为 $10\sim 50\text{keV}$ 的高能电子掠射 ($1\sim 3^\circ$) 到晶体表面，使弹性散射发生在样品的近表面层，并在电子向前散射方向收集衍射电子束显示于荧光屏上。反射式高能电子衍射可应用于原位观察外延膜生长，为改进生长条件提供依据，或者固体样品的表面微观结构分析、表面缺陷分析、表面原子逐层生长过程分析。反射式高能电子衍射仪由电子枪、样品架及荧光屏等组成，在超高真空环境下工作。

通过本实验，学生应掌握反射高能电子衍射的基本原理和衍射花样的，标准操作步骤和形貌图象的解析；同时，理解德布罗意波、倒易点阵和反射球的概念，学会根据加速电压计算电子的德布罗意波长。深刻体会电子衍射和 X 射线衍射一样，也遵循布喇格公式 $2d\sin\theta = \lambda$ ，根据该公式计算金属原子的晶格间距。

3.27.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

1. 定性观察电子衍射图样，拍摄电子衍射图像

2. 测量运动电子的波长，验证德布罗意公式。从电子衍射仪的高压电源面板读出加速电压值 V ，对不同的加速电压用游标卡尺或毫米刻度尺，从荧光屏上直接测量衍射环的直径计算电子的波长。

3. 掌握晶体对电子的衍射理论及对立方晶系的指标化方法；掌握测量立方晶系的晶格常数方法。

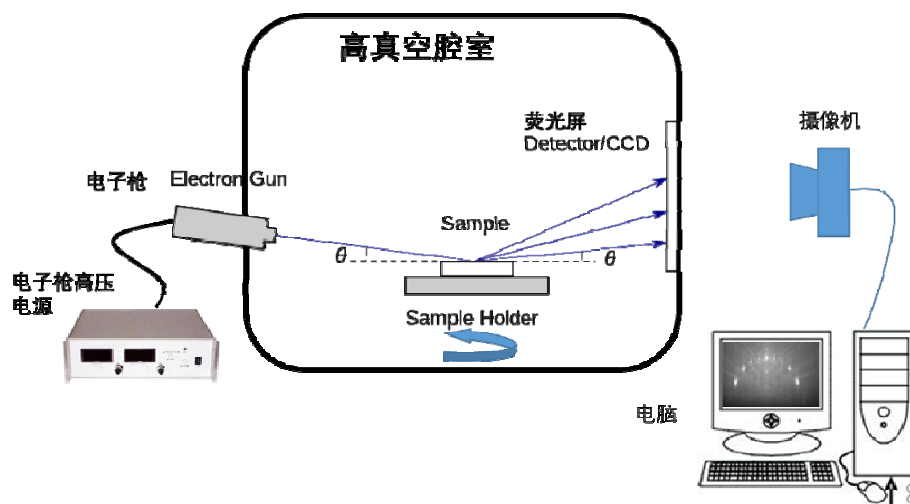
4. 某一加速电压下某一组晶面指数所对应的衍射环为例，计算误差以验证德布罗意公式是否成立。

5. 计算普朗克常数：

3.27.3 主要测试参数及指标范围

真空度达到 10^{-5}Pa ，高压电源电压范围 0–30kV，电子的德布罗意波长 $0.01\sim 0.02\text{nm}$ 。

3.27.4 实验主要仪器设备连接框图



3.28 实验项目二十八 等离子体发射光谱分析

3.28.1 实验目的

了解高压直流放电和射频电感耦合气体放电的原理；学习利用等离子体发射光谱分析等离子体中成分，同时利用 Ar 谱线展宽计算电子温度和密度；学习相邻谱线强度计算电子温度。

3.28.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

需要的设备包括：直流电源和射频原子源装置、光纤和准直器、光谱仪。

实验内容：

1. 观察高压直流放电和射频电感耦合气体放电现象。来计算。
2. 等离子体成分分析：不同原子的发射谱线中存在特征谱线，可以根据发射光谱中存在的分立

的线状特征谱分析等离子体中存在的成分。

3. 利用多普勒展宽和斯塔克展宽测量电子温度和密度：理想的线谱是极细的线状，但是由于发射原子并不是孤立的，存在与其他原子的相互作用，导致谱线存在展宽。在高密度等离子体中，发射原子与同类原子相互作用，造成共振展宽。而低密度、稀薄等离子体中，辐射原子与非同类原子之间相互作用引起洛伦兹展宽。多普勒展宽和原子或离子的温度有关：

$$\Delta \lambda = 7.68 \times 10^{-5} \lambda \sqrt{\frac{KT_i}{M}} (nm)$$

斯塔克展宽则是洛伦兹型的展宽，与电子的密度相关：

$$N_e = 2.5 \times 10^{14} \left(\frac{\Delta \lambda}{\alpha_{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{2}}$$

- 4 相邻谱线强度比计算电子温度和密度：

如果等离子体处于局部热平衡，即电子分布满足麦氏分布，同时各能级上电子分布满足波尔兹曼分布以及带电粒子密度复合沙哈方程，根据相同电离态下的不同能级跃迁：

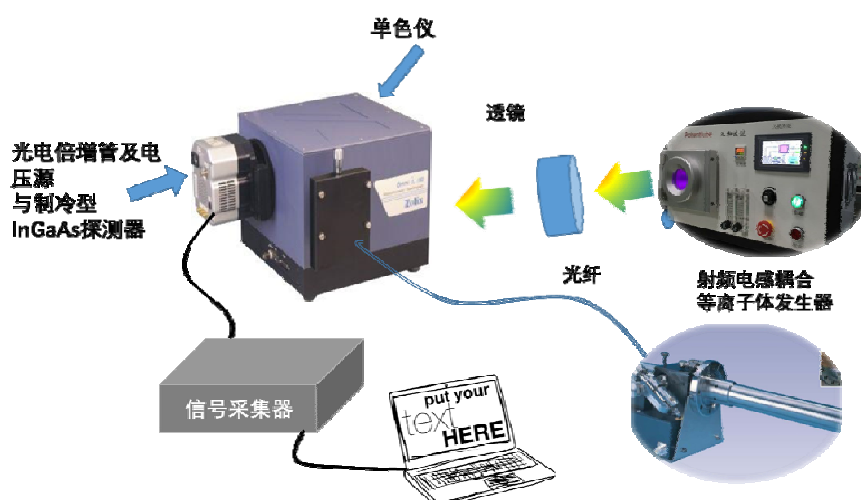
$$KT_e = \frac{hc(E_2 - E_1)}{\ln \left(\frac{I_1}{I_2} \times \frac{v_2 A_2 g_2}{v_1 A_1 g_1} \right)}$$

求出温度之后可以用沙哈方程来计算电子密度。

3.28.3 主要测试参数及指标范围

O₂/N₂/Ar 等离子体光谱，波长范围 450nm-2um.

3.28.4 实验主要仪器设备连接框图



3.29 实验项目二十九 微波法测量介电常数

3.29.1 实验目的

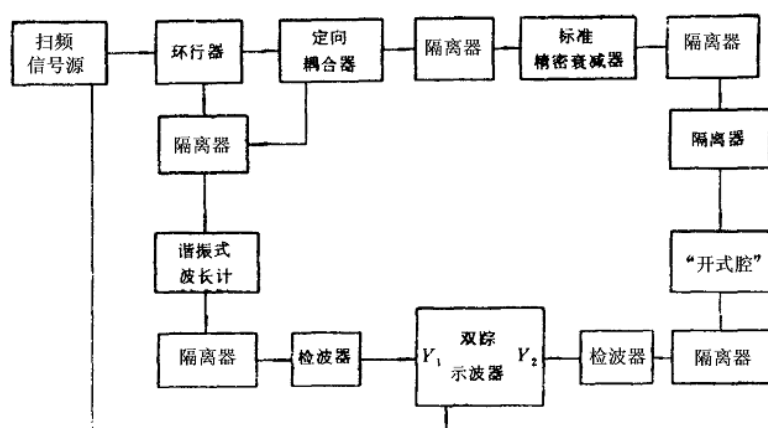
1. 通过本实验学习一种测量谐振腔 Q 值的方法, 掌握有关谐振腔的工作特性的基本知识; 2. 学习用谐振腔法测量介电常数的实验原理和方法。

3.29.2 实验内容及与原有实验的关系 (新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

原来由于实验仪器不足, 不能精确测量频率。

3.29.3 主要测试参数及指标范围

3.29.4 实验主要仪器设备连接框图



3.30 实验项目三十玻璃基底上的 ZnO 厚膜制备及真空条件下的 α 粒子激励发光测试

3.30.1 实验目的

指导学生开展厚膜 ZnO 材料的制备, 引导学生开展功能性材料制备及应用测试研究。为紫外发光材料的应用研究奠定基础。

3.30.2 实验内容及与原有实验的关系 (新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

- 1) 使用磁控溅射设备在玻璃基底上生长微米级厚膜的 ZnO 掺杂材料;
- 2) 完成 2 种掺杂结构, 4 种不同厚度微米级 ZnO 薄膜的制备, 并对样品进行热处理;

原有实验关系: 原有实验条件基于纳米级厚度薄膜, 主要开展理论性质研究, 此实验以上两部分开展的是功能性微米级厚膜的制备, 是对原有实验的进一步拓展。

- 3) 在真空环境下, 测试 ZnO 掺杂薄膜的 α 粒子激励发光, 测试薄膜材料性能;
- 4) 向真空室充入惰性气体, 测量惰性气体条件下的 α 粒子的平均自由程;

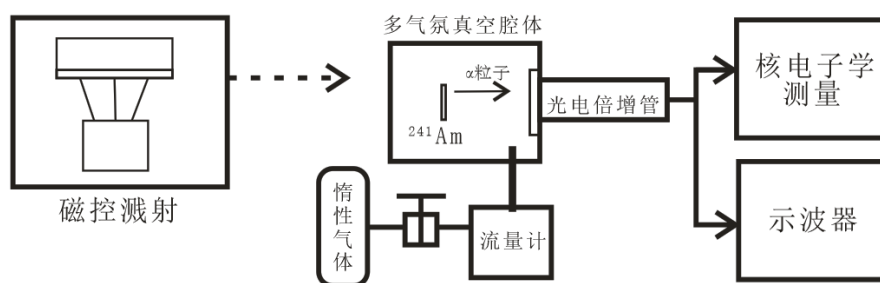
原有实验关系: 以上两部分实验内容是创新性实验, 将近代物理中的材料制备与核物理实验

相结合，开展核物理功能性薄膜器件的检测实验。

3.30.3 主要测试参数及指标范围

- 1) 真空度达到 1×10^{-4} Pa;
- 2) 调整出稳定的磁控放电状态，控制磁控溅射功率在 150 W;
- 3) 完成 2 微米，4 微米，6 微米不同厚度薄膜的生长;
- 4) 完成两种掺杂的 ZnO 薄膜制备;
- 5) 测量薄膜材料的 α 粒子激励发光的上升时间和衰减时间;
- 6) 测量 α 粒子在惰性气体中的平均自由程。

3.30.4 实验主要仪器设备连接框图



3.31 实验项目三十一铜基底和陶瓷基底上的微米级钛金属薄膜制备及钛膜对氢气的吸放特性测试

3.31.1 实验目的

指导学生开展厚膜钛金属材料的制备，引导学生开展核物理功能性金属材料制备研究。为薄膜材料在加速器物理中的应用研究奠定基础。

3.31.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

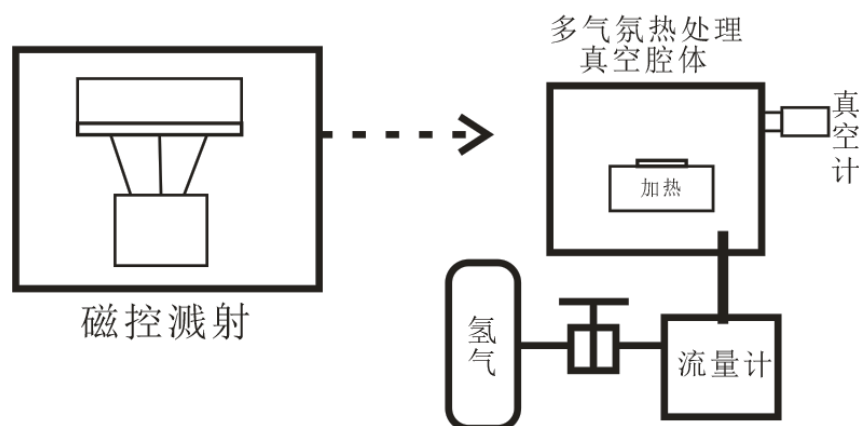
- 1) 利用磁控溅射设备在铜基底和陶瓷基底上生长微米级厚度薄膜材料，利用高倍显微镜观察薄膜表面物理特性;
- 2) 完成 2 种基底上的不同厚度薄膜的制备;
- 3) 在多气氛热处理真空腔体中测试钛膜对氢气的吸放特性，绘制吸放气温度曲线;
- 4) 对样品进行多次吸放气实验，利用高倍显微镜观察钛膜表面物理特性的变化;

原有实验关系: 以上实验内容是在原有材料物理实验基础上的拓展，并结合加速器物理研究中的实际应用需求，开展钛膜的氢同位素吸放特性及老化特性研究。是一种创新性的实验课题。

3.31.3 主要测试参数及指标范围

- 1) 真空度达到 1×10^{-4} Pa;
- 2) 在铜基底和陶瓷基底上生长 4 微米到 10 微米的多个钛金属膜样品
- 3) 调整气体流量计, 控制腔体内气体压力在 1×10^{-2} Pa $\sim 5 \times 10^{-1}$ Pa;
- 4) 在室温到 200℃ 方位内, 绘制不同厚度钛膜的吸气曲线;
- 5) 反复吸气放气 10 次, 观察钛膜表面物理特性变化。

3.31.4 实验主要仪器设备连接框图



3.32 实验项目三十二半导体材料的光谱响应度测量

3.32.1 实验目的

1. 了解半导体材料的光学性质与电学性质
2. 探索半导体材料的光学性质与电学性质的关系
3. 探究半导体掺杂、晶体缺陷等因素对半导体材料光/电性质的影响规律

3.32.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

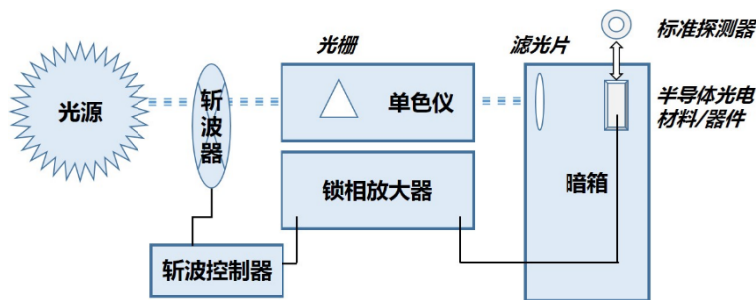
本实验属于新增创新型实验。

半导体材料的光电性质是固体物理、半导体物理、以及材料物理等课程的重要组成部分。利用半导体材料光电响应性质制成的光电探测器可以将光辐射信号转变成易读取的电信号, 在军事、测量、以及环境监测等方面有重要应用。通过测量并分析光电材料的光谱响应度数据, 可以得出材料本身的各项特性(如掺杂浓度、晶格缺陷、吸收系数、少子扩散长度等)对于光电响应能力和量子效率的影响, 从而了解半导体材料的光电性质, 光电转换性能与规律。为此, 开设半导体材料的光谱响应度测量实验对培养本科生认识和了解半导体材料的光电性质、影响因素以及调控规律, 培养其创新的思维习惯和科学的研究方法, 进而提高本科生科学研究创新能力具有重要意义。

3.32.3 主要测试参数及指标范围

采用紫外增强型氙灯，提供较宽光谱范围（200-1100nm）；利用调制法测量技术提升信噪比；采用开机即用系统设计，维护简单方便；设置监视光路方便样品定位；采用全反射光路设计优化光斑质量；利用高稳定性光源降低背景噪声影响；测量结果重复性 $\leq 2.5\%$ 。

3.32.4 实验主要仪器设备连接框图



3.33 实验项目三十三 处理器技术及应用试验

3.33.1 实验目的

1. 掌握 C51 内核结构特征，掌握 C51 的基础编程。2. 由易到难，通过八位 C51 内核的引入过渡到 32 位的 ARM Cortex-M3、M4 内核的结构认识。3. 掌握基于 C51 内核和 ARM Cortex 内核的 MCU 的外设基础编程，包括定时器、串口、时钟、电源、各类中断、IIC 总线、SPI 总线、LED 和 LCD 的控制、ADC 和 DAC 数据采集转换、DMA 数据传输、看门狗、FLASH 和 E2PROM 及 UCOS、FreeRTOS 操作系统的移植、emWin 的移植等。

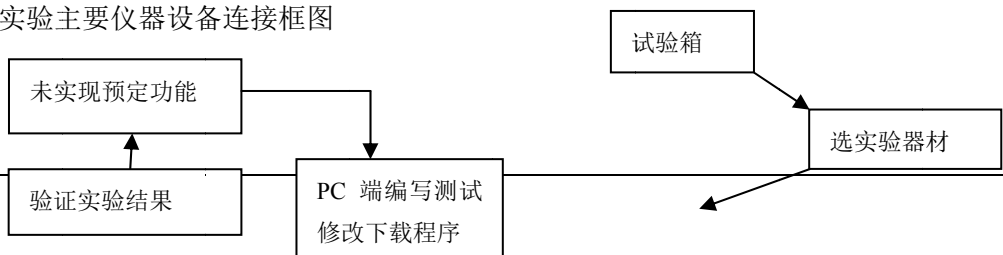
3.33.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

1. 了解实验所用外设器件的工作原理及所用处理器的数据手册。2、依据电路原理图，连接实验电路。3、依据参考例程下载实验程序并观察实验结果。4、根据原有的参考程序，学生自己尝试编写具有与原实验效果一样的程序，并验证。针对原有实验中只让学生观看实验结果，动手能力差，不会编程的现象，让学生根据底层电路分析源代码，设计自己的程序，提高学生的编程能力。

3.33.3 主要测试参数及指标范围

程序的可读性，程序的简易程度，是否实现所预期的功能，是否达到预期的实验效果程度。

3.33.4 实验主要仪器设备连接框图



3.34 实验项目三十四 无线通信技术实验

3.34.1 实验目的

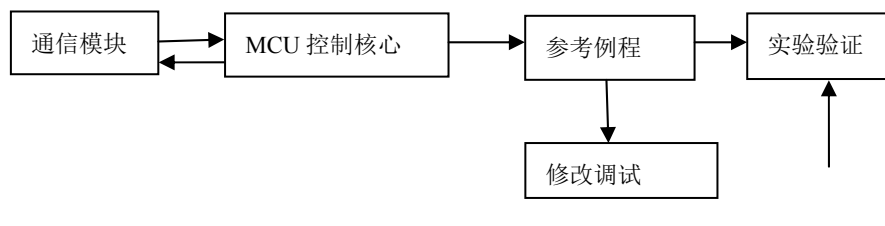
1. 掌握 ZigBee, bluetetooth, WiFi 等常用通信模块的通信原理。2. 学习了解 ZigBee 的组网协议及编程方法, 学习蓝牙协议栈组网方式, 学习 802.11 及 http 协议等。3. 提高学生的程序编写能力。

3.34.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

使学生搭建自己的通信系统模型, 增加对通信协议的认识, 提高学生的动手实践能力。

3.34.3 主要测试参数及指标范围

3.34.4 实验主要仪器设备连接框图



3.35 实验项目三十五 传感器技术及应用实战

3.35.1 实验目的

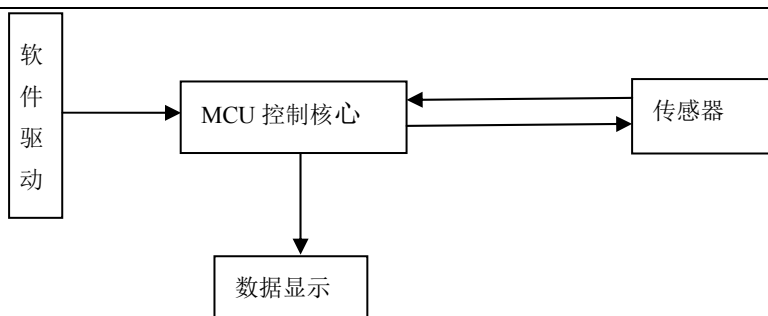
1. 了解常用传感器的工作原理, 如声音、红外、光、加速度、火焰、磁场、温湿度等传感器。2. 通过实际传感器的运用进一步学习传感器与 MCU 间的通信方式, 如单总线、IIC、SPI 等。3. 提高学生对传感器的认识与运用。

3.35.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

让学生从硬件层到软件层深入理解传感器的工作原理与应用开发

3.35.3 主要测试参数及指标范围

3.35.4 实验主要仪器设备连接框图



3.36 实验项目三十六 物联网应用与服务开发

3.36.1 实验目的

1. 学习 Linux 操作系统，包括 Linux 开发环境的搭建、C 语音的开发、QT 的开发与应用及驱动的开发。2. 学习 Android 系统的开发，包括 Android 系统下环境的搭建，应用的开发和驱动的开发。3. 面向应用通过实战练习使学生深入理解掌握物联网应用技术的开发。

3.36.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

面向高端的应用层，通过物联网开发平台使学生亲身体验物联网开发流程。

3.36.3 主要测试参数及指标范围

3.36.4 实验主要仪器设备连接框图

3.37 实验项目三十七 D-D、D-T 核反应中子能谱测量

设备：长中子探测器、NaI 闪烁体 γ 能谱仪，高能中子探测器，聚乙烯中子慢化体，中子能量筛选慢化体，示波器，D-D 中子发生器，多道分析器 1 个。

3.37.1 实验目的

指导学生操作中子发生器产生中子，了解中子能量和能谱，分析研究中子慢化及特定能量中子筛选方法。

3.37.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

- 1) 操作 D-D 和 D-T 中子发生器产生 2.5MeV 和 14MeV 中子，检测中子通量；
- 2) 利用高能中子探测器，测量 14MeV 中子剂量；
- 3) 软件模拟中子慢化规律，结合聚乙烯慢化体，利用活化片计算慢化后的低能中子剂量；
- 4) 组合使用聚乙烯慢化体和中子能量筛选慢化体，获得一定能量区段的中子；

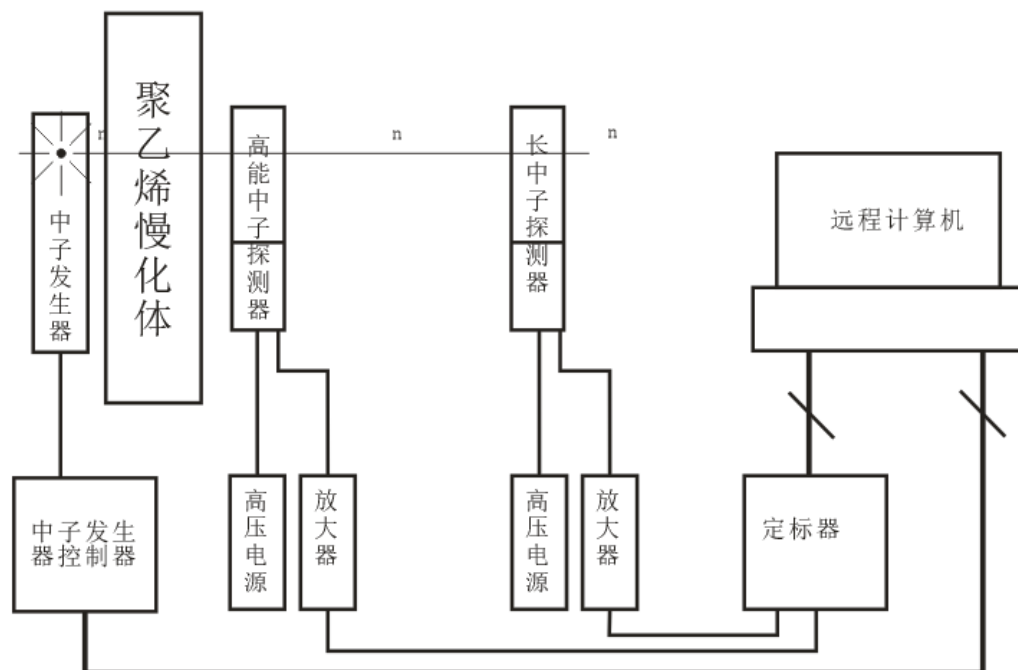
原有实验关系：新设实验。

3.37.3 主要测试参数及指标范围

- 1) 调节 D-D 和 D-T 中子发生器，使中子产额达到 1×10^6 n/s；
- 2) 测量 D-D、D-T 中子发生器产生 2.5MeV 和 14MeV 中子通量；

- 3) 增加慢化体，测量慢化后的低能中子剂量；
- 4) 组合使用聚乙烯慢化体和中子能量筛选慢化体，获得超热中子区段的中子；

3.37.4 实验主要仪器设备连接框图



3.38 实验项目三十八潘宁离子源中子管的脉冲中子时间分布谱测

量

设备：液体闪烁体探测器，高速采集卡，高压电源，示波器，脉冲中子发生器、信号发生器

3.38.1 实验目的

指导理解潘宁离子源、密封中子管的结构及工作原理，认识 D-T 核反应产生中子的过程，了解脉冲中子特性，并测量脉冲中子；

3.38.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

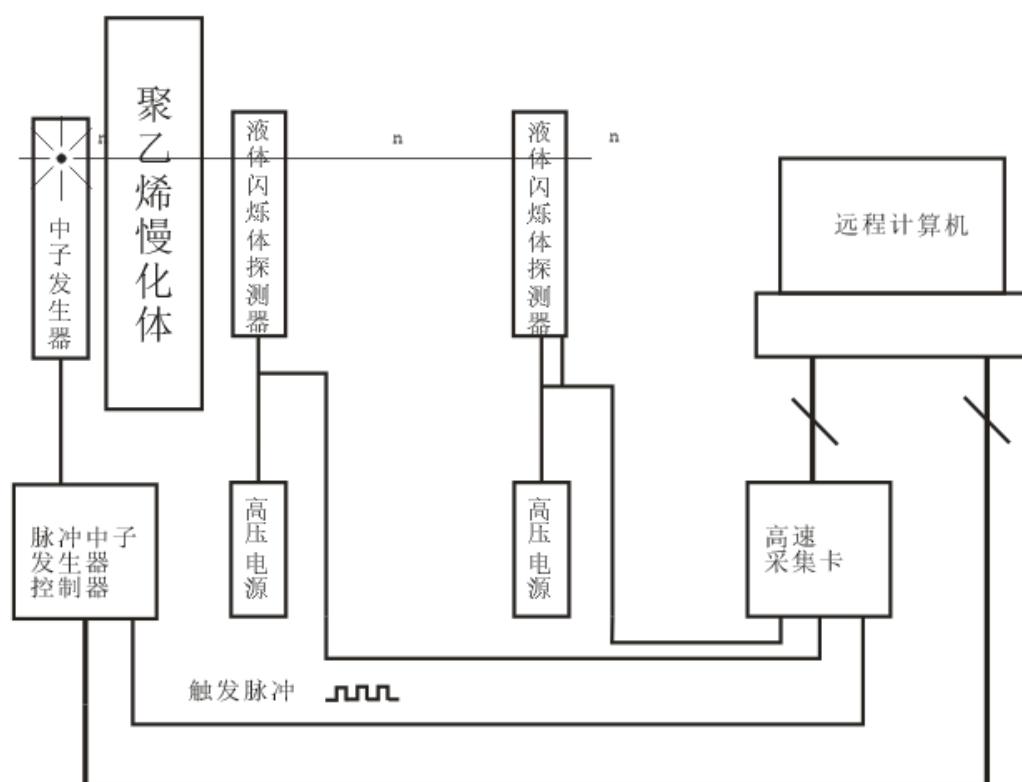
- 1) 调节离子源电压及储存器电流，使潘宁离子源处于脉冲工作状；
- 2) 调节中子发生器产生脉冲中子输出；
- 3) 使用液体闪烁体探测器和高速采集卡测量脉冲中子；
- 4) 增加慢化体，改变脉冲参数，测量不同慢化条件下和脉冲参数下的脉冲中子时间谱。

原有实验关系：新设实验。

3.38.3 主要测试参数及指标范围

- 1) 在 2kV 离子源电压下, 调节储存器电流, 使中子管潘宁离子源放电电流达到 $400\mu\text{A}$;
- 2) 调节中子管加速电压, 是脉冲中子计数率达到 $1\times 10^3\text{ n/s}$;
- 3) 改变脉冲参数, 测量 100Hz~10kHz 脉冲中子的时间分布谱

3.38.4 实验主要仪器设备连接框图



3.39 实验项目三十九脉冲快热中子瞬发伽马元素分析

设备: NaI 探测器, LaBr 探测器、高压电源 2 个, 放大器 2 个, 多通道多道分析器 1 个, 脉冲中子发生器, 铅屏蔽体, 聚乙烯慢化体、信号发生器

3.39.1 实验目的

指导学生理解中子与元素原子核之间的相互作用、以及特征伽马射线, 理解不同元素与中子发生核反应的能量及时间特性。另外, 指导学生了解伽马射线探测器的原理及不同种类探测器的特点, 利用 NaI 探测器和 LaBr 探测器获得脉冲中子瞬发伽马能谱, 并分析元素种类及含量。

3.39.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

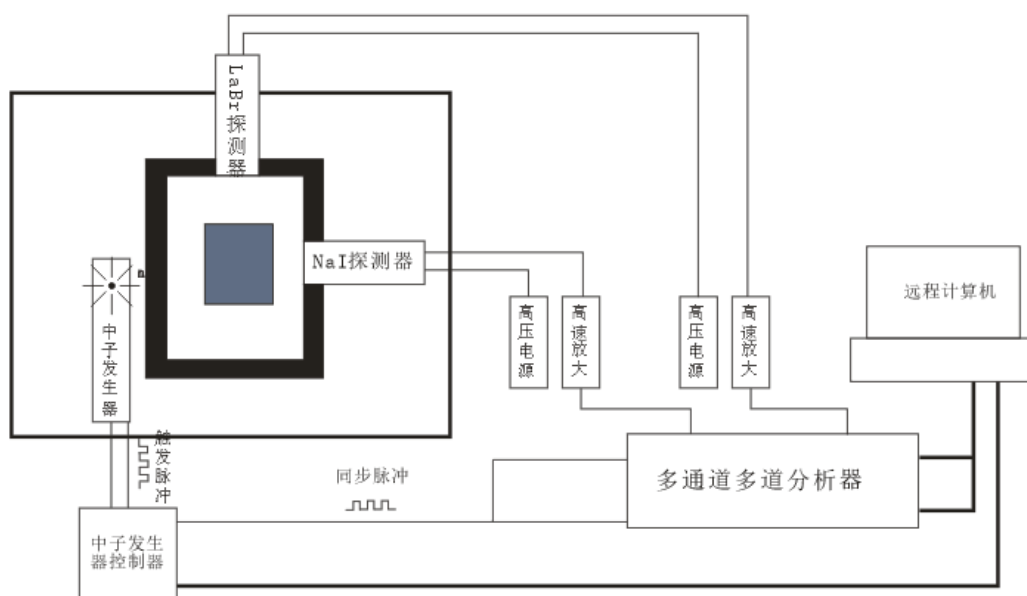
- 1) 连接中子发生器、NaI 探测器、LaBr 探测器，放大器，多道分析器，
- 2) 调整 D-T 中子发生器获得直流中子的特征伽马射线混合谱；
- 3) 调整中子发生器产生脉冲中子，调整仪器的同步时间，测量中子非弹反应的伽马能谱及全部；
- 4) 调整仪器同步时间，测量中子俘获反应的伽马能谱；
- 5) 通过非弹、俘获、本底伽马能谱，分析被测样品的元素种类及含量。

原有实验关系：新设实验。

3.39.3 主要测试参数及指标范围

- 1) 调节 D-T 中子发生器，使 D-T 中子产额达到 2×10^7 n/s；
- 2) 调整同步脉冲时序，测量 1 分钟的中子非弹反应伽马能谱及全谱；
- 3) 调整同步脉冲时序，测量 1 分钟的中子俘获反应伽马能谱；
- 4) 测量 1 分钟的中子本底伽马能谱；
- 5) 找出 H、N、O、C、Si 五种元素的特征峰，并计算峰面积，分析元素含量；

3.39.4 实验主要仪器设备连接框图



3.40 实验项目四十中子注量率测量

设备：NaI 探测器， ^3He 计数管，高压电源 2 个，放大器 2 个，多道分析器 2 个，中子发生器，铅屏蔽体，聚乙烯慢化体，中子注量率仪

3.40.1 实验目的

了解中子注量率在中子应用的意义，掌握中子注量率的测试方法。

内容：

- 1) 设计中子慢化体结构，调整中子发生器达到一定热中子通量；
- 2) 利用半导体探测器测量活化样品的此生设想，并计算活度；
- 3) 通过活化样品的放射性活度计算照射区域内的中子通量，进而计算中子发生器的中子产额。

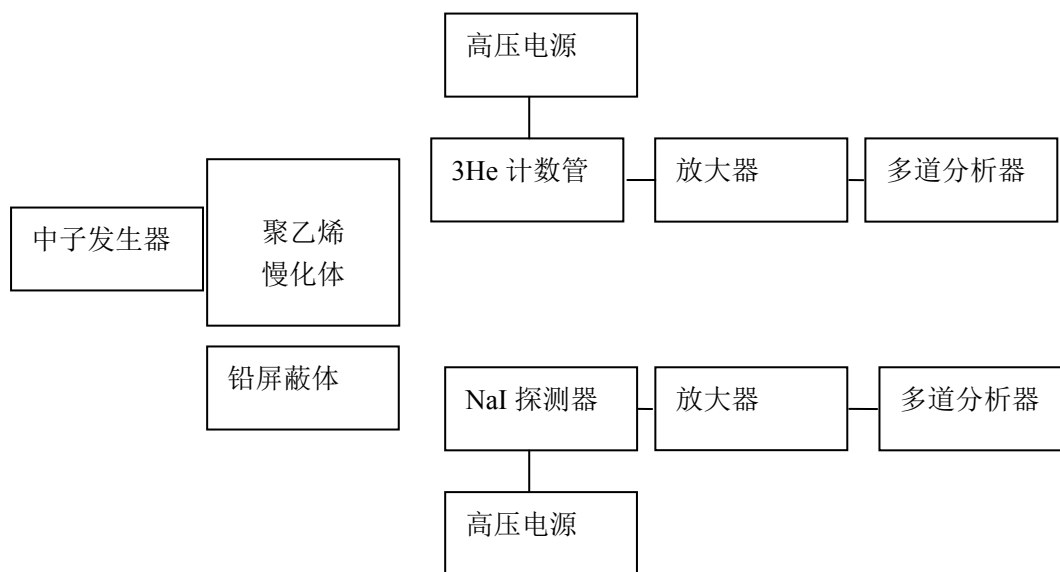
3.40.2 实验内容及与原有实验的关系(新实验所解决的原有实验中存在的问题和不足)

新增实验

3.40.3 主要测试参数及指标范围

主要测试参数：中子注量率 $1 \times 10^2 - 2 \times 10^5$ n/s。

3.40.4 实验主要仪器设备连接框图



四、拟购置设备

下表填表说明：

1. 表中“对应实验项目序号”应填“拟开发实验项目汇总表”中的项目序号。

2. 总价保留至小数点后 2 位，单位为万元。

序号	设备名称	型号	主要参数 及配置要求	对应实验 项目序号	原计划 购置数	原单 价	实行计划 购置数	现单 价	总价
1	纯相位调制反射式 空间光调制器	GCI-770401	液晶类型：反射式 LCOS，液晶尺寸： 0.78 英寸，像素尺寸：12.3um，分辨 率：1280×1024，填充因子：90%，相 位调制能力 2π @400-700nm，透过率： 70%，刷新频率：60Hz，工作波长： 400nm-700nm，数据接口：VGA，灰 度阶数：8 位，256 阶	1	1	4.896	1	4.896	4.90
2	图像传感器	MER-130-30UM	CMOS，靶面尺寸 1/1.8”，灵敏度 1.6v@550nm/Lux/s,帧率 15 帧/秒，分 辨率 1280*1024，USB2.0；含支杆， 调节支座，磁座；	1	2	0.635	2	0.635	1.27
3	透反射偏光显微镜	HPL-18C	放大倍数 40-1000 倍，含 500 万像素 高清 CCD	1	1	4.528	1	4.528	4.53
4	671nm 单纵模固体 激光器	MSL-FN-671	(1)输出功率：100mW (2) 功率稳定性：<5% (3) 出光口光斑：1.5mm (4) 发散角：1.2mrad (5) 光谱线宽：0.00001nm (6) 相干长度>50m	1	1	2.543	1	2.543	2.54

			(7) 工作方式: 连续、风冷 (8) 配 PSU-H-FDA						
5	数据采集软件模块	GCI-770401-I	含图像信号亮度及对比度通用异步收发传输功能; 信号接口: HDMI-A 口, 19pin, 4.45×13.9, 最大传输规格: TMDS 162.0MHz; 软件保护接口: USB-B (打印机接口), 内置软件加密狗; 电源接口: 外径 5.5mm, 内径 2.5mm, 输入电压 5V; 驱动源保护模块: 过压过流自动断电保护, 保护电压 7V, 保护电流 500mA; 支持 HDMI 热拔插功能。	2	1	4.987	1	4.987	4.99
6	激光扩束器	GCO-01	Φ6, f=9.8, 含镜座;	2	2	0.325	2	0.325	0.65
7	光学干涉器	GCC-411201	配 Φ50.8, T:R=5:5@450~650nm, T:R=9:1@450~650nm, 45°入射, 楔角 4°±3, 楔面 450~650nm 宽带增透分光光楔; 含支杆, 调节支座, 磁座; 三维调整;	2	2	2.315	2	2.315	4.63
8	快门控制器	GCI-73M	口径 Φ5mm; 无线遥控, 线控, 精度 1ms, 最多支持三路同时使用,	2	4	0.251	4	0.251	1.00
9	473nm 单纵模固体激光器	MSL-FN-473nm	(1) 输出功率: 30mW (2) 功率稳定性: <5% (3) 出光口光斑: 2.5mm (4) 发散角: 1.2mrad (5) 光谱线宽: 0.00001nm (6) 相干长度>50m (7) 工作方式: 连续、风冷 (8) 配 PSU-H-FDA	2	1	3.867	1	3.867	3.87

10	指针式复合真空计		热偶部分: 50-0.1Pa, 电离部分: 0.1-10 ⁻⁴ Pa	3	2	0.3	2	0.3	0.6
11	复合真空计		热偶部分: 10 ² -0.1Pa, 电离部分: 0.1-10 ⁻⁴ Pa	3	2	0.4	2	0.4	0.8
12	直流稳压电源		30V, 300A	3	2	0.5	2	0.5	1
13	光束控制系统		包括光栅, 精密调整镜架, 可旋转镜架, 透镜, 反射镜, 平移台, 转台, 底板, 压板, 偏振棱镜, 波片, 接杆, 套筒, 底座等。	4	4	1.7	4	1.7	6.8
14	光纤	QP600	纤芯直径 600 微米	4	8	0.2	8	0.2	1.6
15	CCD 相机		含配套软件	4	2	0.5	2	0.5	1
16	功率计	PM	光电探头和热功率探头	4	1	2.6	1	2.6	2.6
17	光纤光谱仪	USB2000+	含配套软件和样品架	4	3.5	1	3.5	1	3.5
18	激光器		单纵模	4	4	1	4	1	4
19	白光光源	GLORIA	光谱范围: 200-2500nm	5、6	1	3.25	1	3.25	3.25
20	光谱仪	OMNI	分辨率 0.1nm	5、6	1	4.35	1	4.35	4.35

21	光电倍增管及电源	PMT	波长:300-900nm	5、6	1	1.1	1	1.1	1.1
22	信号处理与采集器	DCS	转换精度: 15bit	5、6	1	2.3	1	2.3	2.3
23	激光器	MXL	单纵模	5、6	2	2	2	2	4
24	手动平移台	AKS	三维调整	5、6	5	0.28	5	0.28	1.4
25	电动平移台			5、6	1	1.5	1	1.5	1.5
26	可变角度测试模块			5、6	1	4.85	1	4.85	4.85
27	显微光学模块			5、6	1	4.63	1	4.63	4.63
28	探测器模块			5、6	2	0.63	2	0.63	1.26
29	脉冲函数发生器	TGA12100	4 通道 40MHz 100MS/s 任意波型发生器	7	1	5.5	1	5.5	5.5
30	双温区双气路 CVD 系统		双温区温度<1100℃ 升温速度 10℃/min 数显质量流量计 真空系统: 10 ⁻² Torr	8	1	8	1	8	8
31	OPO 激光器		覆盖波长范围优于 210-1600nm; 355nm, 532nm, 1064nm 可输出;	9、10	1	74.635	1	73.405	73.4

			脉冲宽度不大于 7ns; 线宽不大于 7cm^{-1}						
32	光电倍增管		响应范围优于 200-900nm 配备独立电源及控制单元、可调增益	9、10	1	2.00	1	2.00	2.00
33	实验室除湿机			9、10	1	0.3	1	0.3	0.3
34	荧光分光光度计	RF-6000	激发波长范围: 220-700nm, 发射波 长范围: 220-900nm, 信噪比 1000:1, 扫描速度可达每分钟 60000nm, 可进 行激发光谱与发射光谱的自动校正	11	1	17.50	1	17.50	17.50
35	电化学工作站	CHI-604E	交流阻抗频率范围为 0.00001-1MHz, 交流阻抗波形幅度为 0.00001V 至 0.7V	12	1	5.00	1	5.00	5.00
36	压片机 (带模具)	769YP-15A	压力范围在 0-25Mpa; 活塞直径为 87mm; 模具直径为 13mm	11、12	1	0.62	1	0.62	0.62
37	红外热成像仪及附 属配件	IRS-336-I	分辨率: 336*256; 像素尺寸 $17\mu\text{m}*17\mu\text{m}$; 9Hz, 100mm 镜头, 含测温软 件	13	1	21	1	21	21

38	多功能虚拟仪器		具有示波器、信号源、万用表、逻辑分析仪、频谱分析仪功能	14	30	0.15	30	0.15	4.5
39	晶体管特性图示仪		测量二极管、晶体管、场效应管、可控硅等半导体器件的伏安特性	14	2	0.6	2	0.6	1.2
40	任意波信号发生器		能产生任意波形，正弦的频率范围 1Hz-60MHz	15	20	0.5	20	0.5	10
41	矢量网络分析仪		频率范围 100kHz-3GHz,分辨率 10Hz,	16	1	9.5	1	9.5	9.5
42	高频信号发生器		频率 100kHz-2.5GHz，频率分率 100Hz,具有 AM 和 FM 调制功能	16	2	1	2	1	2
43	氙灯光源（可见）		紫外增强型，波长范围：波长范围： 200nm~2400nm 灯泡寿命≥1000H	17	1	5.5	1	5.5	5.5
44	氙灯光源（紫外）		波长范围：400nm~700nm 灯泡寿命≥2000H	17	1	5.5	1	5.5	5.5
45	光电化学电池量子 效率测试系统		测试种类：光电化学类太阳能电池； 系统包含双光源：波长连续可调单色 光源、白光光源；	18	1	23	1	19.5	19.5

			单色光源光谱范围：300-1100nm； 白光光源：模拟太阳光光源 ABA 级； 光功率：>400 μ W/cm²； 可测试样品模式：直流测试法，直流偏置光测试法； 可测样品尺寸：50mm×50mm； 三电极测试方法； 电位范围±5V； 电位分辨率 10uV； 全电位范围控制误差< 1mV； 电流测量精度<0.1%； 电流分辨率 100pA； 电流范围±5 μ A~±5mA； 电化学电池专用电解池：体积：53*53*53mm，材料：石英玻璃，对电极：Pt 片，参比电极：Ag/AgCl，工作电极：最大面积 30*45mm						
--	--	--	---	--	--	--	--	--	--

46	三辊研磨机		辊子材质为进口氧化铝；辊子间距连续可调，进料和出料距离连续可调	19	1	9.5	1	9.5	9.5
47	加温及高压保护装置		加热板为钛材质，最大温度为 600oC，可程序升温，带可通气可热盖子	19	1	5.5	1	5.5	5.5
48	单片机接口技术实验箱		含有自主设计电路区、单脉冲触发区、4*4 键盘、数码显示、可扩展区等等	20、21	20	0.23	20	0.23	4.6
49	数字系统设计实验箱(FPGA-CycloneII)		含有 FPGA 核心板及外围电路	22	30	0.25	30	0.25	7.5
50	工程机器人模块化开发套件	卓越之星专业版	可任意组合，可建自由平台自由空间	23	2	5.98	2	5.98	11.96
51	模块化机器人套件	创意之星	结构可以任意拼装，含有多种传感器	24	2	2.85	2	2.85	5.7
52	机器人（类人）		可直立行走，身上各个部位装有多种传感器，如光学、声音、超声等传感器。	25	1	12	1	12	12
53	350MHZ 数字存储示波器		350M 带宽，2 通道，4GS/s	26	2	5.5	2	5.5	11

54	500000 位双量程 (vdf 显示) 台式万 用表		5 位半的台式数字万用表, 支持任意 传感器测量等	26	20	0.47	20	0.47	9.4
55	数位式直流可编程 电源		数字可编程电源其中有两路是 0-30V, 5A。另外一路固定 5V, 5A 输出, 带 USB 接口。功率大于或等于 195W。	26	20	0.38	20	0.38	7.6
56	高精度可编程电子 负载		具有定电压、定电流、定电阻、定功 率四种操作模式	26	2	3.9	2	3.9	7.8
57	电子枪系统		0-30KV	27	1	40	1	40	40
58	电子束荧光屏		绿色, 直径 5 英寸	27	1	3	1	3	3
59	CCD 及分析软件		分辨率 1024x768	27	1	3	1	3	3
60	信号采集器		信号输入范围(满档范围): 电压输入: $\pm 1\text{mV} \sim 10\text{V}$ 电流输入: $1\text{mA} \sim 10\text{mA}$ 增益设置范围:	28	1	1.32	1	1.32	1.32

			电压增益: 1-104 电流增益: 103 -107 积分时间: 10 μ s-10s						
61	光电倍增管及电压源		响应波长 400-800nm, 增益 107	28	1	1.5	1	1.5	1.5
62	制冷型 InGaAs 探测器		响应波长 800-1700nm,响应度 085A/W	28	1	3.4	1	3.4	3.4
63	单色仪		焦距大于等于 150mm,双光栅	28	1	2.28	1	2.28	2.28
64	毫米波脉冲频率计	AV3212D	连续波测量频率范围 10Hz-40GHz,脉冲载波测量频率范围为 50MHz-40GHz	29	1	11.0	1	11.0	11.0
65	磁控溅射厚膜生长设备		真空度 2×10^{-5} Pa, 北京吉兆源高频射频电源、功率 500W, 样品直径 2 英寸, 均匀性 $\pm 5\%$, 带水冷和制冷机	30	1	21.2	1	21.2	21.2
66	多气氛热处理真空腔体及电源(真空获得系统与磁控溅射		真空度 6.7×10^{-5} Pa, 漏率 $< 1 \times 10^{-9}$ std cc/sec, 加热温度 500℃, 带有多电极法兰接口, NG-GL-AR/HEI 气体	31	1	4	1	4	4

	共用)		质量流量计, 0-100sccm, 控制精度 1%						
67	光电探测器光谱响应度标定系统		宽光谱范围, 调制法测量提升信噪比, 开机即用系统设计, 维护简单, 监视光路方便样品定位, 全反射光路设计优化光斑质量, 高稳定性光源降低背景噪声影响; 200-1100nm, 紫外增强型氙灯, 重复性 $\leq 2.5\%$	32	1	36	1	36	36
68	物联网一体化教学科研平台	MS-B308	传感器种类数量、微处理器、无线通信模块、Android、Linux 操作系统等	33、34、35、36	5	3	5	2.6	13
69	信号发生器	DG5251	250MHz, 1 通道, 1G/s 采样率, 14bit 分辨率, 128Mpt 任意波形	38、39	2	5.2	2	5.2	10.4
70	多能区长中子探测器	定制	10keV 到 15MeV 能区测量, 带影椎体,	37	1	20	1	20.4	20.4
71	高速液体闪烁体	BC501A	SAINT-GOBAN, 2 英寸液体闪烁体,	38	2	4	2	4.5	9
72	脉冲中子时间谱采集系统	DT5751	500MHz, 1G/s 采样率, 带软件及 2 通道高压电源	39	1	6	1	9	9

73	中子探测器系统	Cividec D7	金刚石高能中子探测器，信号前置放大器	37	2	17	1	10.5	10.5
74	中子注量率测试系统	定制	2 英寸 LaBr 探测器，滨松光电倍增管，前置放大器。	39、40	1	5.9	1	7.5	7.5
合计									569

注：原计划购置数与原价请填写 2017 年一月份上报材料的数据。

五、5 万元以上的仪器设备申购说明				
设备名称	主要参数 及配置要求	对应实验项目序号	实际使用的参 数范围及配置	每年实际使 用的人时数
脉冲函数发生器	4 通道频率 40MHz 100MS/s 任意波型发生器	7	实际使用 2~4 通道;频率 100KHz~40MHz;采样率 100MS/s	1000
双温区双气路 CVD 系统	双温区温度<1100℃ 升温速度 10℃/min 数显质量流量计 真空系统：10-2 Torr	8	双温区温度<1100℃ 升温速度 10℃/min 数显质量流量计 真空系统：10-2 Torr	1200
OPO 激光器	覆盖波长范围优于 210-1600nm; 355nm, 532nm, 1064nm 可输出;	9、10	210-1600nm 波长范围 355、532nm 单独使用	1000

	脉冲宽度不大于 7ns; 线宽不大于 7cm-1		脉冲宽度不大于 7ns; 线宽不大于 7cm-1	
荧光分光光度计	激发波长范围: 220-700nm, 发射波长范围: 220-900nm, 信噪比 1000:1, 扫描速度可达每分钟 60000nm, 可进行激发光谱与发射光谱的自动校正	11	激发波长范围: 220-700nm, 发射波长范围: 220-900nm, 信噪比 1000:1, 扫描速度可达每分钟 60000nm, 可进行激发光谱与发射光谱的自动校正	1080
电化学工作站	交流阻抗频率范围为 0.00001-1MHz, 交流阻抗波形幅度为 0.00001V 至 0.7V	12	交流阻抗频率范围为 0.00001-1MHz, 交流阻抗波形幅度为 0.00001V 至 0.7V	1080
红外热成像仪及附属配件	分辨率: 336*256; 像素尺寸 17 μm *17 μm ; 9Hz, 100mm 镜头, 含测温软件	13	分辨率: 336*256; 像素尺寸 17 μm *17 μm ; 9Hz, 100mm 镜头, 含测温软件	900
矢量网络分析仪	频率范围 100kHz-2.5GHz, 分辨率 10Hz,	16	频率范围 100kHz-3GHz, 频率分辨率 10Hz,	1800
氙灯光源 (可见)	紫外增强型, 波长范围: 波长范围: 200nm~2400nm	17	紫外增强型, 波长范围: 波长范围: 200nm~2400nm	>400 H

	灯泡寿命 $\geq 1000\text{H}$		灯泡寿命 $\geq 1000\text{H}$	
氙灯光源（紫外）	波长范围：400nm~700nm 灯泡寿命 $\geq 2000\text{H}$	17	波长范围：400nm~700nm 灯泡寿命 $\geq 2000\text{H}$	>400 H
光电化学电池量子效率测试系统	测试种类：光电化学类太阳能电池； 系统包含双光源：波长连续可调单色光源、白光光源； 单色光源光谱范围：300-1100nm； 白光光源：模拟太阳光光源 ABA 级； 光功率： $>400 \mu \text{W}/\text{cm}^2$ ； 可测试样品模式：直流测试法，直流偏置光测试法； 可测样品尺寸：50mm $\times$ 50mm； 三电极测试方法； 电位范围 $\pm 5\text{V}$ ；	18	白光光源：模拟太阳光光源 ABA 级， 光斑大小 1-20mm 可调 单色光：光谱范围 300-1100nm 连续可调，光功率 $>400 \mu \text{W}/\text{cm}^2$ （@400-800nm，3mm 光阑），光斑直径 1-12mm 可调 单色光不稳定性 $\leq 1.5\%$ 电化学工作站：包含恒电位仪、恒电流仪和电化学交流阻抗分析仪，完成检测电池电压、电流、容量等基本参数，以及电池反应机理的交流阻抗参数； 电位范围 $\pm 5\text{V}$ ； 电位分辨率 10 μV ； 全电位范围控制误差 $< 1\text{mV}$ ；	>200 H

	电位分辨率 10uV; 全电位范围控制误差< 1mV; 电流测量精度<0.1%; 电流分辨率 100pA; 电流范围±5 μ A~±5mA; 电化学电池专用电解池: 体积: 53*53*53mm, 材料: 石英玻璃, 对电极: Pt 片, 参比电极: Ag/AgCl, 工作电极: 最大面积 30*45mm		电流测量精度<0.1%; 电流分辨率 100pA; 电流范围±5mA; 测试用电解池: 体积: 53*53*53mm 材料: 石英玻璃 对电极: Pt 片 参比电极: Ag/AgCl	
三辊研磨机	辊子材质为进口氧化铝; 辊子间 距连续可调, 进料和出料距离连 续可调	19	辊子材质为进口氧化铝; 辊子间距连续 可调, 进料和出料距离连续可调	>100 H
加温及高压保护 装置	加热板为钛材质, 最大温度为 600oC, 可程序升温, 带可通气 可热盖子	19	加热板为钛材质, 最大温度为 550oC, 可程序升温, 带可通气可热盖子	>200 H
工程机器人模块	可任意组合, 可建自由平台自由	23	可任意组合, 可建自由平台自由空间	3600

化开发套件	空间			
机器人（类人）	可直立行走，身上各个部位装有多种传感器，如光学、声音、超声等传感器。	25	可直立行走，身上各个部位装有多种传感器，如光学、声音、超声等传感器。	3600
350MHZ 数字存储示波器	350M 带宽，2 通道，4GS/s	26	350M 带宽，4 通道，4GS/s	3600
电子枪系统	电子加速电压 0-30KV,电子束直径 100 微米，电磁聚焦和偏转功能，兼容高真空，CF35 法兰	27	电压 0-25kV	800
毫米波脉冲频率计	连续波测量频率范围 10Hz-40GHz,脉冲载波测量频率范围为 50MHz-40GHz	29	连续波测量频率范围 10Hz-40GHz,脉冲载波测量频率范围为 50MHz-40GHz	160
磁控溅射厚膜生长设备	真空度 2×10^{-5} Pa，北京吉兆源高频射频电源、功率 500W，样品直径 2 英寸，均匀性 $\pm 5\%$ ，带水冷和制冷机	30、31	真空度 2×10^{-5} Pa，北京吉兆源高频射频电源、功率 500W，样品直径 2 英寸，均匀性 $\pm 5\%$ ，带水冷和制冷机	512
光电探测器光谱	宽光谱范围，调制法测量提升信	32	宽光谱范围，调制法测量提升信噪比，	240

响应度标定系统	噪比, 开机即用系统设计, 维护简单, 监视光路方便样品定位, 全反射光路设计优化光斑质量, 高稳定性光源降低背景噪声影响; 200-1100nm, 紫外增强型氙灯, 重复性 $\leq 2.5\%$		开机即用系统设计, 维护简单, 监视光路方便样品定位, 全反射光路设计优化光斑质量, 高稳定性光源降低背景噪声影响; 200-1100nm, 紫外增强型氙灯, 重复性 $\leq 2.5\%$	
信号发生器	250MHz, 1 通道, 1G/s 采样率, 14bit 分辨率, 128Mpt 任意波形	38、39	250MHz, 1 通道, 1G/s 采样率, 14bit 分辨率, 128Mpt 任意波形	960
多能区长中子探测器	10keV 到 15MeV 能区测量, 带影椎体,	37	10keV 到 15MeV 能区测量, 带影椎体,	640
高速液体闪烁体	SAINT-GOBAN, 2 英寸液体闪烁体,	38	SAINT-GOBAN, 2 英寸液体闪烁体,	640
脉冲中子时间谱采集系统	500MHz, 1G/s 采样率, 带软件及 2 通道高压电源	39	500MHz, 1G/s 采样率, 带软件及 2 通道高压电源	640
中子探测器系统	金刚石高能中子探测器, 信号前置放大器	37	金刚石高能中子探测器, 信号前置放大器	640
中子注量率测试系统	2 英寸 LaBr 探测器, 前置放大器。	39、40	2 英寸 LaBr 探测器, 前置放大器。	960

六、学院教务委员会意见

人数:	赞成票:	反对票:	弃权票:
学院教务委员主任签字:			
年 月 日			

七、学院党政联席会意见

人数:	赞成票:	反对票:	弃权票:
			学院教务委员主任签字:
年 月 日			

主管实验副院长: _____ 年 月 日

主管教学副院长： 年 月 日

院 长: _____

年 月 日

单位公章：

八、自筹经费情况

序号	经费用途	经费来源	经费数量（万元）	主管领导签字
1				
2				
3				
4				
5				