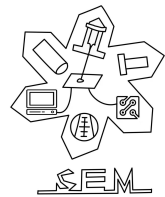




中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences

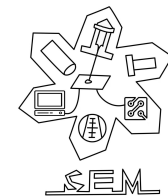


基于国产部件的 扫描电子显微镜 搭建项目

基于国产部件的SEM搭建项目团队

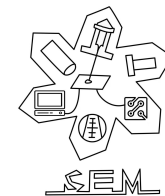


中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences



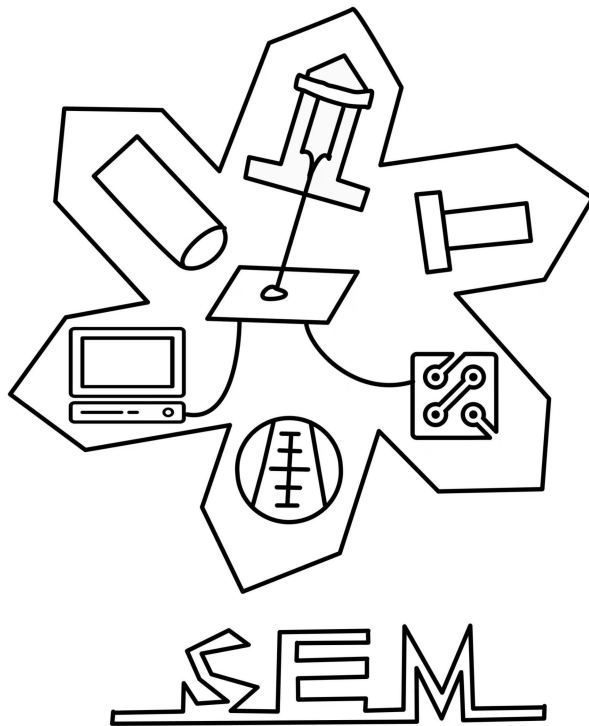
目录

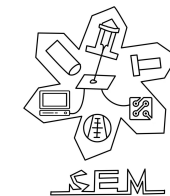
- 项目背景和仪器概念
- 项目历史和探索经验
- 项目条件和能力需求



项目目标

- 基于国产部件搭建完整可运行的扫描电镜
- 自主动手，提出非传统的设计和实现方案





基于国产部件的 扫描电子显微镜搭建

扫描电子显微镜 (scanning electron microscope, SEM) 是一种通过会聚电子束扫描样品表面, 入射电子与样品中原子相互作用, 产生包含样品表面形貌和组成信息图像的显微镜。扫描电镜空间分辨率可达纳米级别, 可有效探测样品的形貌、结构和成分, 广泛应用于材料、生物、医学、冶金、化学和半导体等各个研究领域和工业部门, 为材料和器件的设计提供指导意见, 被称为“微观相机”。



扫码了解SEM

不限院系的本科生面向

来自诸多院所的指导专家

基于自主探索的实践项目

目前我国科研与工业部门所用的扫描电镜严重依赖进口, 每年采购花费超过 1 亿美元, 国产扫描电镜的市场份额仅占 5%—10%!

针对这一“卡脖子”问题, 我们诚邀大家参与此次自主设计、搭建扫描电镜的科研项目。

你能获得什么

- 自主设计、搭建大型科研设备的经验
- 相关工作内容和结果可用于毕业设计和科研实践
- 国内外相关课题组读研或者仪器公司工作的机会
- 团队协作、沟通能力

我们提供什么

- 30 万元科研经费
- 国内外顶尖仪器工程师的专业指导和培训
- 科研津贴
- 项目地点→玉泉路校区(暂定)

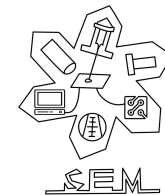
充足的科研和活动经费

*初期项目海报

项目背景



中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences



科学网 ScienceNet.cn 生命科学 | 医学科学 | 化学科学 | 工程材料 | 信息科学 | 地球科学 | 数理科学 | 管理科学

新闻

首页 | 新闻 | 博客 | 院士 | 人才 | 会议 | 基金·项目 | 大学 | 论文 | 视频·直播 | 小柯林

作者: 陆成宽 来源: 科技日报 发布时间: 2018/7/3 16:24:41

选择字号: 小 中 大

是什么卡了我们的脖子

扫描电镜“弱视”，工业制造难以明察秋毫

对材料微观结构的观测离不开“微观相机”——扫描电子显微镜，一种高端的电子光学仪器，它被广泛地应用于材料、生物、医学、冶金、化学和半导体等各个研究领域和工业部门。

“比如，在材料科学领域，它是非常基础的科研仪器，毫不夸张地说，材料领域70%—80%的文章都要用到扫描电镜提供的信息。”中国科学院上海硅酸盐所研究员、中国电子显微镜学会扫描电镜专业委员会副主任曾毅告诉科技日报记者。但是，目前我国科研与工业部门所用的扫描电镜严重依赖进口，每年我国花费超过1亿美元采购的几百台扫描电镜中，主要产自美、日、德和捷克等国。国产扫描电镜只占约5%—10%。

高质量电子光学系统生产困难

曾毅说，扫描电镜的图像分辨率与电子束的直径密切相关，电子束汇聚越细，图像分辨率就越高。

扫描电子显微镜主要是利用二次电子信号成像来观察样品的表面形态，即用汇聚得很细小的电子束在样品表面扫描，通过电子束与样品的相互作用产生各种信号（如二次电子信号）来获得材料表面细节信息。

扫描电镜由电子光学系统、信号收集及显示系统、真空系统和电源系统组成。其中，电子光学系统

日本：5月20日起，禁止向俄出口电镜、原子力显微镜等14类高科技产品

2022/05/16 14:59:01

点击5678次 分享:

导读：日本政府在内阁会议上决定，5月20日起，原则上禁止向俄罗斯出口包括电子显微镜、原子力显微镜、量子计算机、超低温设备、真空泵等14类高科技产品。

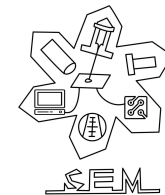
仪器信息网讯 5月13日，日本政府在内阁会议上决定，5月20日起，原则上禁止向俄罗斯出口包括电子显微镜、原子力显微镜、量子计算机、超低温设备、真空泵等14类高科技产品。当日，日本经济产业省在官网醒目位置公布了对应通知及14种被禁高科技产品清单。



主流商业化扫描电子显微镜



中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences



日立 (日本)



日本电子 (日本)



赛默飞 (美国)



Tescan (捷克)



蔡司 (德国)

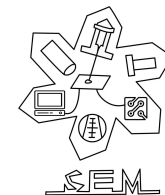
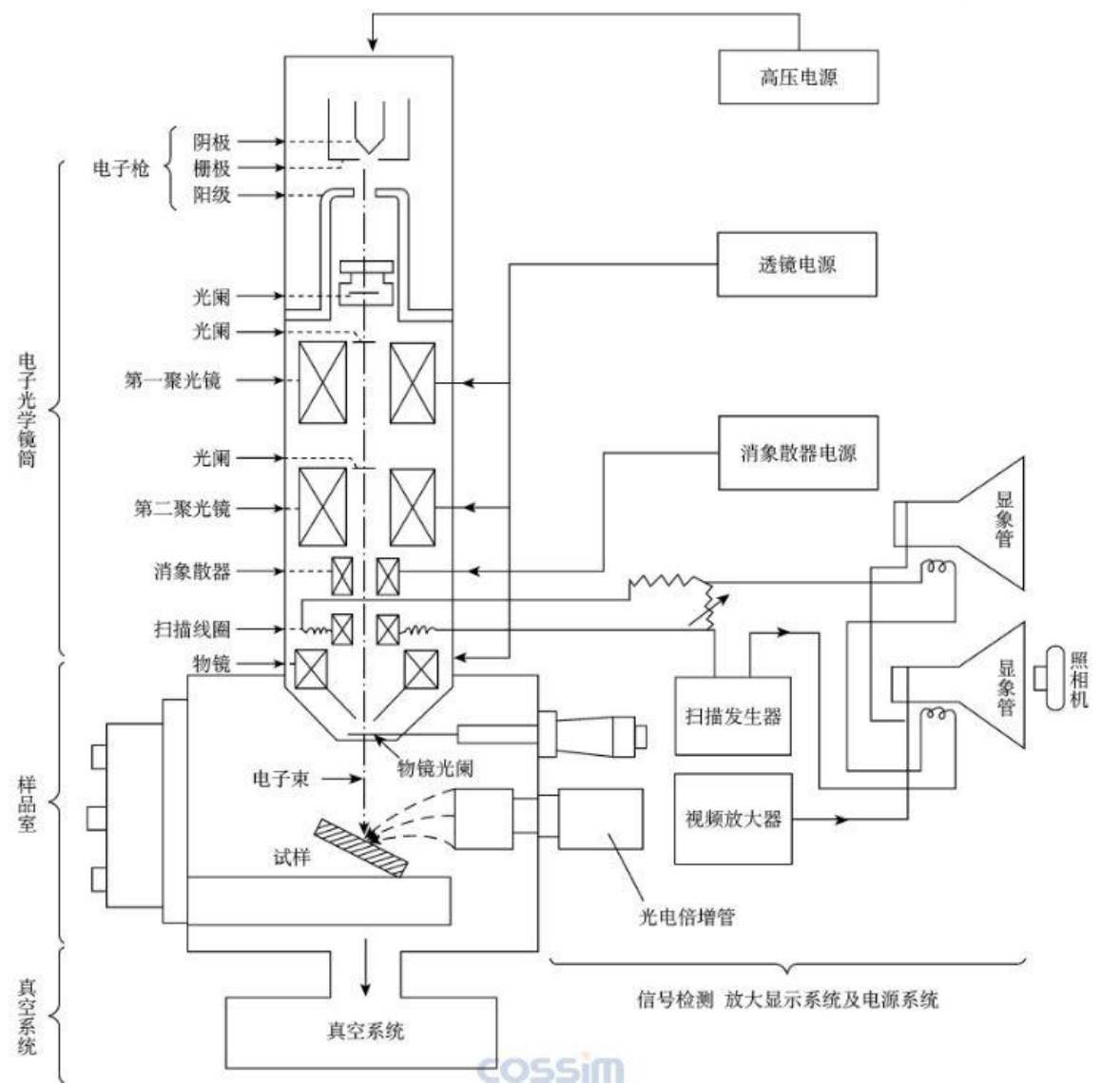


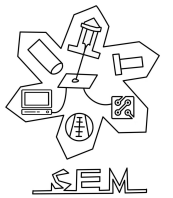
中科科仪 (中国)

仪器整体架构

扫描电子显微镜 (SEM)

- **电子枪**发射电子束，并进行加速
- 电子束经**电磁透镜**汇聚成纳米束斑
- 利用**扫描线圈**驱动电子束在样品表面做栅网式扫描
- 高能电子束与样品发生相互作用，产生各种信号（二次电子、背散射电子、吸收电子、X射线等）
- **探测器**接收信号，经转换、放大后输出成显微图片





项目历史

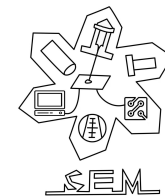
- 项目启动阶段 2021.09.22~2022.10.30
- 方案小组调研 2021.10.30~2021.12.05
- 整合摸索阶段 2021.12.05~2022.03.21
- 实验设备建设 2022.03.21~现今

方案小组调研(2021.10.30~12.05)

——分组提出仪器设计方案



中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences



A组

杨栋宇 (光学工程)
魏 琛 (物理)
查凯翔 (电子)
程子涵 (物理)
赵方舟 (物理)
张世儒 (物理)
朱兆丰 (物理)
李子恒 (计算机)
陈卓勋 (计算机)



B组

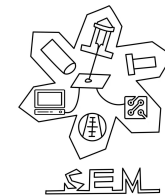
张峻浩 (光学工程)
欧仕刚 (物理)
左 玥 (电子)
王艺儒 (物理)
邓慧聪 (电子)
许宜晴 (电子)
许卿茹 (计算机)
吕星宇 (计算机)
林孟颖 (计算机)

设计方案汇报讨论 (2021.12.05)



中国科学院大学

University of Chinese Academy of Sciences



2个小组

学期内1个月

共75页方案



SEM设计方案(B组)

目录

1 总路系统	1
1.1 电子枪	1
1.1.1 电子枪的作用与基本工作原理	1
1.1.2 电子枪种类和优缺点	3
1.1.3 电子枪设计方案	4
1.1.4 测试方案	7
1.2 电子光路设计	7
1.2.1 设计方案	7
1.2.2 制造方案	13
2 真空系统	14
2.1 真空系统的作用及工作原理	14
2.2 真空系统设计方案	15
3 电控系统	17
3.1 对于电子束源系统的高压加速电源	17
3.2 高压电源	19
3.3 扫描系统	22
3.4 透镜位置	25
3.5 真空系统	26
3.6 样品台控制系统	27
4 探测系统	27
4.1 电子与物质的相互作用	28
4.1.1 二次电子(SE)	28
4.1.2 背散射电子(BSE)	30
4.1.3 二次电子(SE)和背散射电子(BSE)的对比	31
4.2 探测系统	32
4.2.1 旁置式二次电子探测器(SEUTD)	33

4.2.2 板状下固体背散射电子探测器	36
4.2.3 镜筒内探测器	38
4.2.4 镜筒内探测器和物镜技术的配合	39
4.2.5 其他探测器与分检仪器	40
4.3 扫描系统	40
4.3.1 真空系统和样品室(台)	40
4.3.2 图像采集和记录系统	41
4.4 参考文献和信息	41
4.4.1 购买的信息	41
5 算法与软件	42
5.1 数据处理	42
5.1.1 原理	42
5.1.2 微功能总览	42
5.2 成像算法	43
5.3 软件编程	44
5.3.1 调试情况	45
5.3.2 计划可行方案	45
6 样品制备	46
6.1. 样品室	46
6.2. 样品支架	46
6.3. 样品台	47
6.4. 测试样品	48

HAADF 像的收集角通常在 70-200mrad 甚至更高, 在对收集到的所有环形信号进行积分处理后得到图像, 能够发生高角度的电子大多数来自于电子与原子核的碰撞, 而原子序数在数值上等于原子核的电荷数, 因此 HAADF 像与材料所含元素的原子序数 Z 成正比, 故 HAADF 像也被称为 Z 衬度像。

• 环形暗场 (Annular dark field, ADF)
ADF 探测器的收集角范围在 22mrad-70mrad, 其接收到的电子数较暗场主要来自非拉格朗日射, 其图像衬度与样品的质量厚度等因素相关, 为薄层衬度像。

• 环形明场 (Annular bright field, ABF)
HAADF 像的主要不足是无法对样品中的轻原子进行清晰的成像, 而收集角在 11-22mrad 的 ABF 探测器解决了这一问题, 相比 HAADF 像, ABF 像对轻元素敏感, 主要针对 HAADF 和暗场成像, 在 ABF 像中, 真空度为亮, 原子为暗, 故 ABF 像适用于含轻、重元素交替的锂电池、石墨烯材料。

• 明场像 (Bright field, BF)
BF 探测器通常收集 11mrad 以下的散射电子进行积分处理, 其图像衬度优于 TEM 明场像, 但分辨率较差。

• 余数电子衍射模式 (CBED)
CBED 可以在 STEM 模式下得到, CBED 是在电子束会聚的情况下对样品进行照射的, 因此, 物镜在表面上的衍射点会扩散为衍射斑, 进而到其周围, 高衍射角以及样品厚度更多的样品信息, 同时, Electron ptychography 就是在 STEM 模式下进行电子束扫描, 得到一系列的衍射花样 (Diffraction pattern), 再进行的图像分析。

5.3. 软件调研
本内容贡献者: 吕宇宁
软件调研部分, 主要进行了三方面的调研, 包括 SEM 软件、软件硬件

基于国产部件的 SEM 搭建计划(I期) A 组方案书

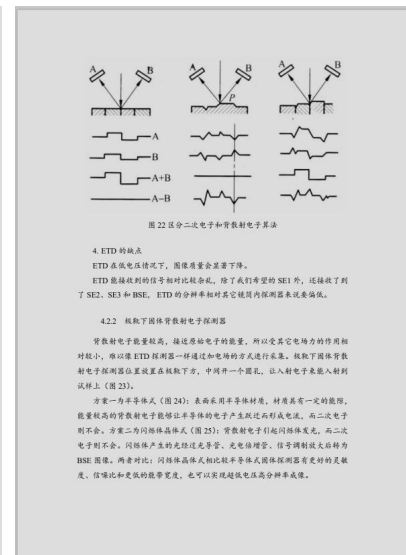
小组成员:
魏琛 查凯翔 杨栋宇
程子涵 赵方舟 朱兆丰
张世儒 陈卓勋 李子恒
指导老师: 周武 徐强

中国科学院大学 2021 年冬季 11-12 月

目录

项目背景	4
小组参与和分工	4
方案目标	4
仪器原理图	5
总体思路	6
具体实施计划	7
一、整体设计和合成思路	7
二、磁透镜的制作和测试	7
1. 调研情况	7
2. 磁透镜实施计划	7
磁透镜第一阶段: 理论工作启动, 汇聚透镜和偏转线圈的制作	7
磁透镜第二阶段: 电子束汇聚实验实际测试	8
磁透镜第三阶段: 物镜和消像散器的研制	9
磁透镜第四阶段: 倍率集成化的电子镜筒	9
三、电子枪模块的制作和检测	11
1. 调研情况	11
2. 电子枪实施计划	11
电子枪第一阶段: 结构细化和零件准备	11
电子枪第二阶段: 模块的组件和测试	12
四、探测器系统的设计和测试	13
1. 探测器系统计划	13
2. 二次电子和背散射电子探测器	13
传统电子探测器第一阶段: 尽可能充分的设计和电路测试	15
传统电子探测器第二阶段: 模块的测试	15
传统电子探测器第三阶段: 工作条件的摸索	16
3. 后射成像和微道扫描电子探测	16
五、安全防护和工作台的建设	17
六、真空系统的搭建和测试	18
1. 初步设计方案	18
2. 搭建计划	18
真空系统第一阶段: 学习与设计	19
真空系统第二阶段: 系统的搭建	19
真空系统第三阶段: 调试与接入	19
七、镜筒、支撑架和样品腔的搭建	20
1. 调研情况	20
2. 整体和光路实施计划	20
腔体第一阶段: 筒身镜筒支撑架	20
腔体第二阶段: 腔体和镜筒设计	20
腔体第三阶段: 部件组装	20
八、样品台和样品的准备	21
1. 说明	21
2. 样品台需求和规划	21

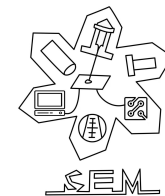
3. 标准样品	21
九、数据采集和软件方案	22
1. 数据采集和软件方案整体思路	22
2. 商业参考	22
3. SEM 软件需求分析	23
4. 软件方案执行时间规划	23
十、电路系统补充说明	24
征询工作安排建议	25
致谢	25
[主要参考文献]	25



项目团队分工整合 (2021.12.05~2022.03.21)



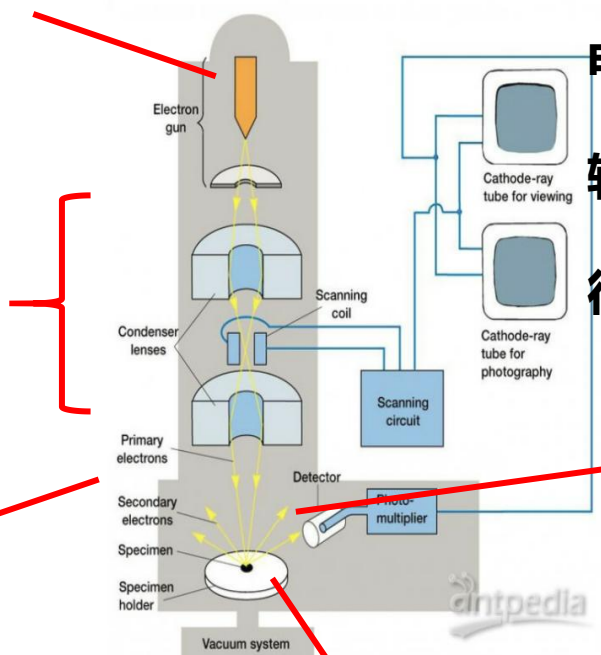
中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences



电子枪:
陈卓勋、邓慧聪

电子光路:
欧仕刚、程子涵

真空系统:
赵方舟、王艺儒



电路设计: 查凯翔、许宜晴

软件设计: 吕星宇、林孟颖、李子恒

衍射成像: 杨栋宇、张峻浩

探测器: 左玥、魏琛

样品室、样品台:
许卿茹、朱兆丰、张世儒

控制电路-软件部(C组)

吕星宇 (计算机)
李子恒 (计算机)
林孟颖 (计算机)
许卿茹 (计算机)
许宜晴 (电子)
查凯翔 (电子)
左玥 (电子)

真空-支撑结构部(V组)

张峻浩 (光学工程)
赵方舟 (物理)
王艺儒 (物理)
朱兆丰 (物理)
张世儒 (物理)

电子枪-电子光学部(E组)

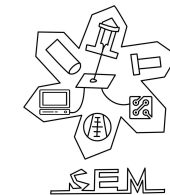
杨栋宇 (光学工程)
陈卓勋 (计算机)
欧仕刚 (物理)
程子涵 (物理)
魏琛 (物理)
邓慧聪 (电子)

*现今人员和分工有较大变动, 但仍感谢所有同学的参与!

摸索学习阶段(2021.12.05~2022.03.21)



中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences



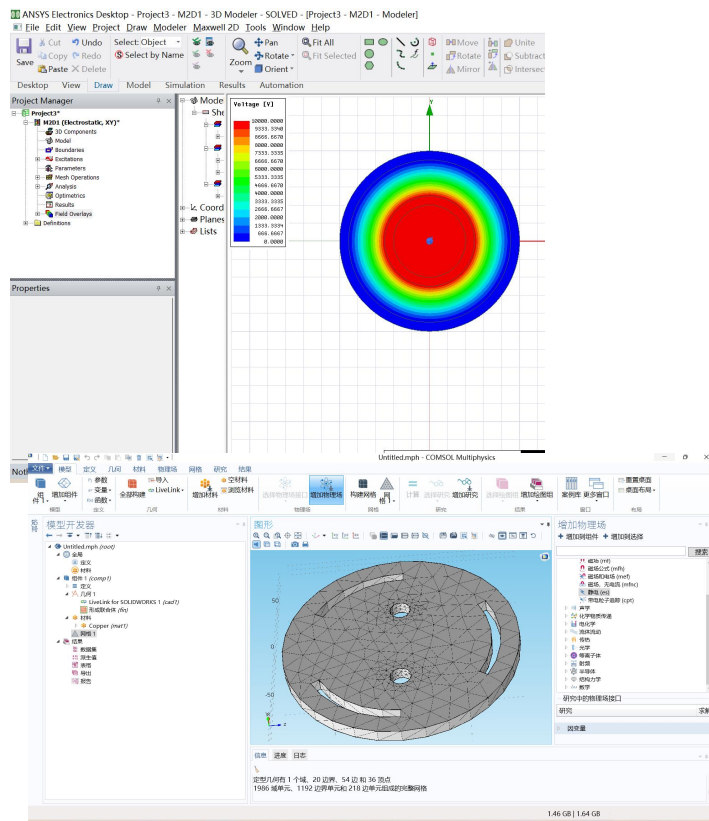
手机



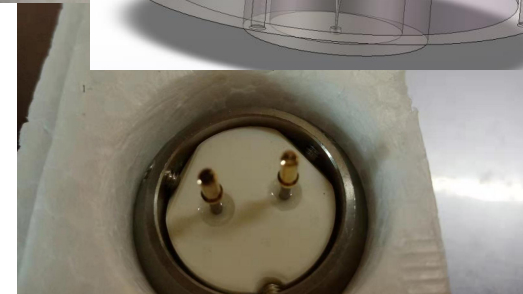
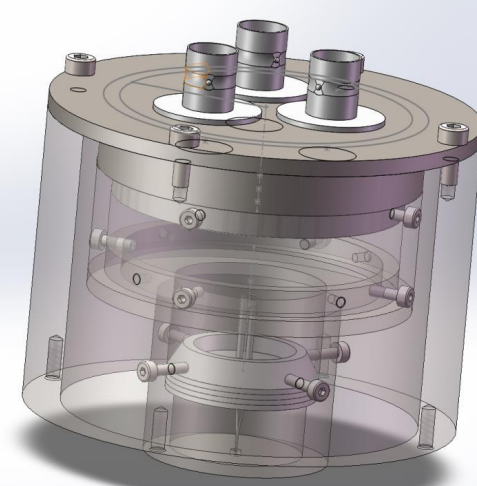
手机壳



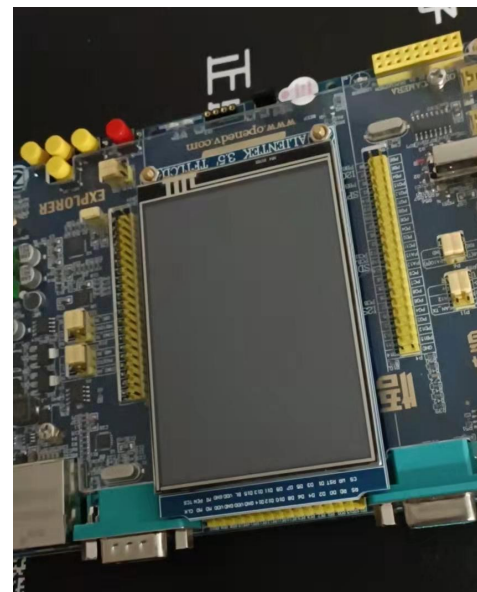
SolidWorks建模



寻找电子光学模拟软件



电子枪设计

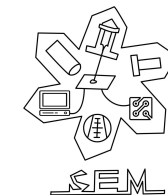


学习单片机

搭建项目的网络平台



中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences



借助 WordPress.com 创建您的网站 从这里开始

基于国产部件的扫描电子显微镜搭建团队

项目介绍 团队介绍 项目进展 阶段目标

项目介绍



UCAS-SEM

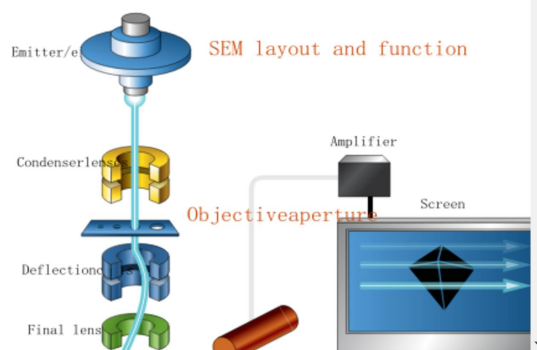
团队 技术文章 Wiki 联系我们

基于国产部件的 SEM 搭建团队

扫描电子显微镜是一种将电子当作“光”的显微镜。其分辨率可达纳米级别，是微观探幽的有力武器。

目前我国科研与工业部门的电镜严重依赖进口，国内市场份额仅占5%-10%。

科学仪器的研制在国内具有最好的时机，国家非常支持，学术界和产业界也都有动力来真正推进，回报也很高。快来加入我们吧！



Trello

Features Solutions Plans Pricing Resources

Log in

Get Trello for free

Public

CW L L S YZ +5

Calendar Power-Up

Filter Show menu

resource

Planning

In Progress

Meetings

Done

请大家积极参与讨论和谋划

招新应该如何进行?

5

L L S YZ CW

电磁仿真如何用python更简便完成?

3

这个版块用于交流正在进行的任务，以确保成员能看到任务进行的情况

0/6

网站优化

Mar 17 - Mar 31

3/4

CW

科普文章

1 1

Typora购买和使用

1

真空抽速模拟

1

生物物理所参观真空平台

Mar 25

CW

讨论会

Mar 21

3

完成的任务将会放在此处

Jan 10, 2020

电子枪的设计说明文档

3

浓缩式方案

2 2

L S YZ CW

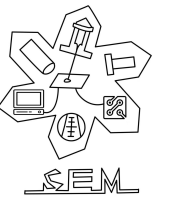
物理所半日游

Mar 18

特别致谢：吕星宇，欧仕刚

项目网站：<https://ucas-sem.github.io/>

Trello平台：<https://trello.com/b/Yhb6maQd/sem>



实验室建设 (2022.03.21~)



得到学校房间支持
玉泉路, 教学楼410



地线改造



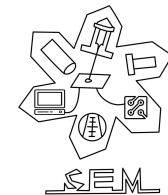
打理实验室



迎接旧电镜
2022.04.15



中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences



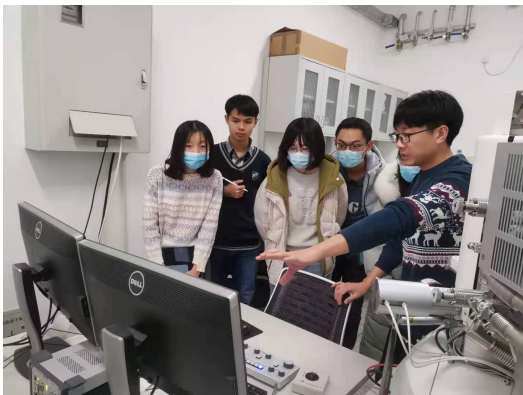
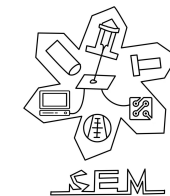
我们有什么？

全方位的资源和技术支持！

行业专家指导

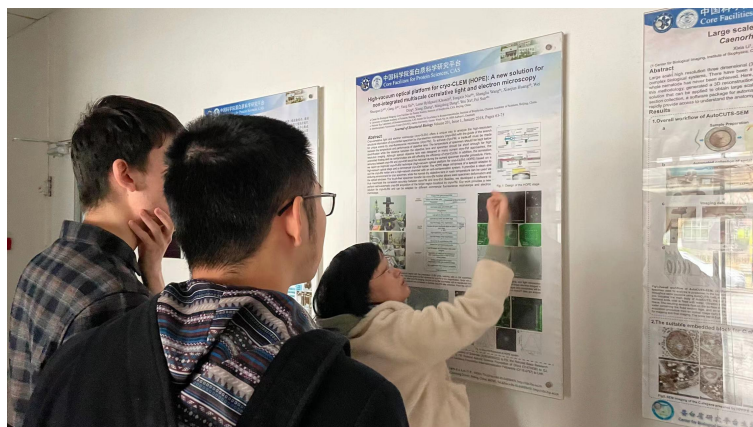


中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences



- 调研场发射扫描电镜, 中科院物理所, 2021.11.15

- 答辩会议, 物理所、生物物理所、广州生物岛实验室和中科科仪的专家现场指导, 2021.12.5



- 参观真空平台和冷冻电镜, 生物物理所, 2011.03.22

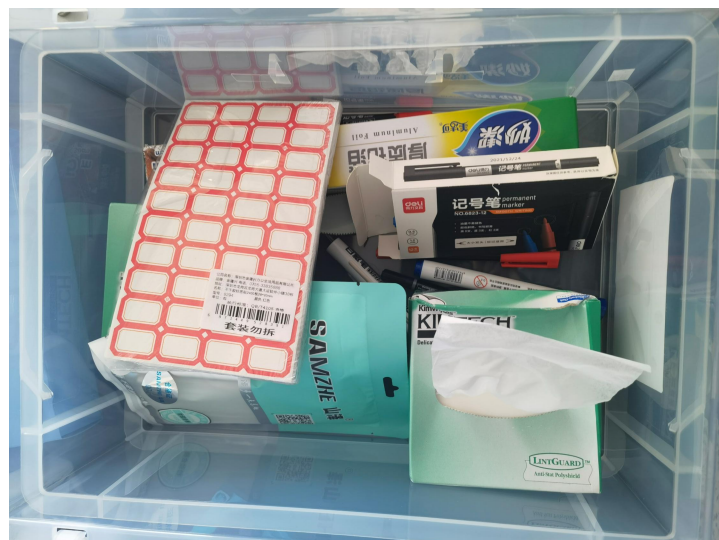
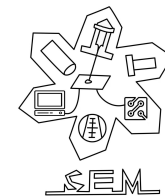


微通道板,
高能所2021.12.05

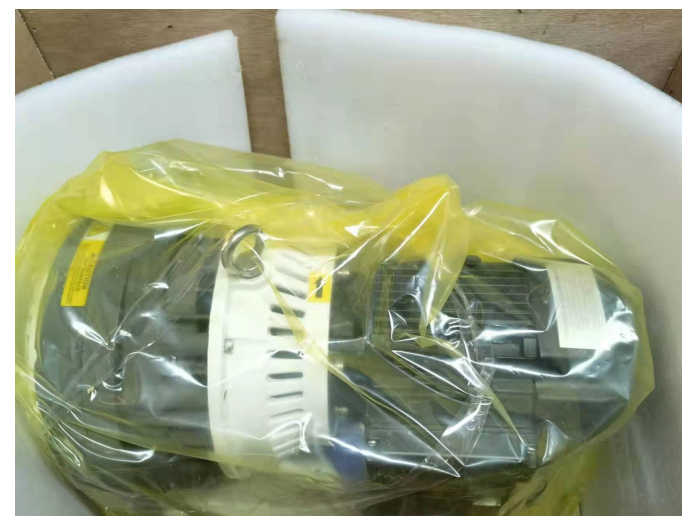
实验研究条件



中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences



*自主采购

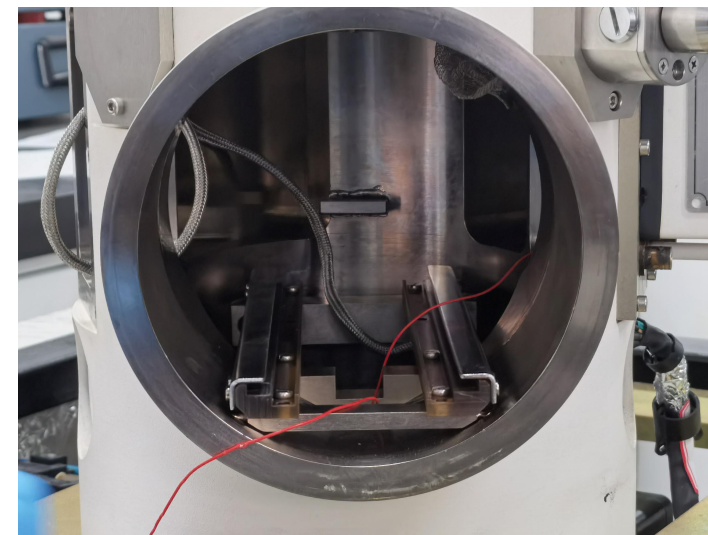
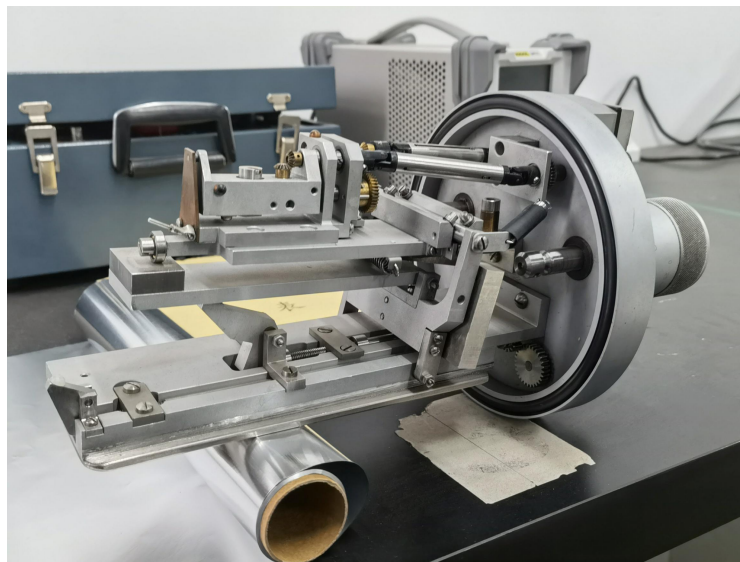
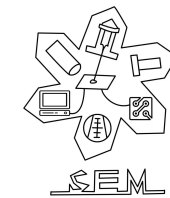


分子泵和机械泵

整机电镜拆解



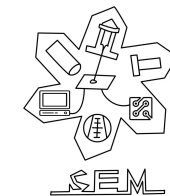
中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences



小组活动聚餐

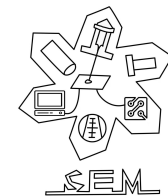


中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences



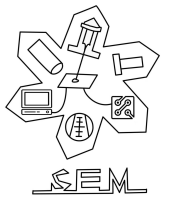


中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences



我们需要什么？

欢迎加入我们！



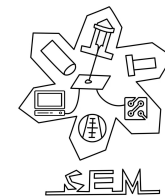
项目的任务需求

——可作为科研实践或毕业设计题目

- 电子光学理论计算和模拟
- 真空系统设计与实验
- 高压操作相关的电路控制
- 软件驱动和界面编写
- 以及其他任何相关可行的新点子!

理论、计算、实验、软件
综合型项目

敬请参阅项目网站技术原理描述 [Ucas-sem | Wiki](#)



参与项目的基础能力

- 个人品质:

合理的时间安排和团队协作精神是前提保障

- 基础知识:

国科大普通物理水平对于理解基本工作原理足够了

- 专业技能:

工程建模仿真, 如SolidWorks、COMSOL;
软件、电路相关知识

- 其他:

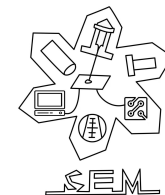
绘图、撰文

我们边做边学!

招新筹备中



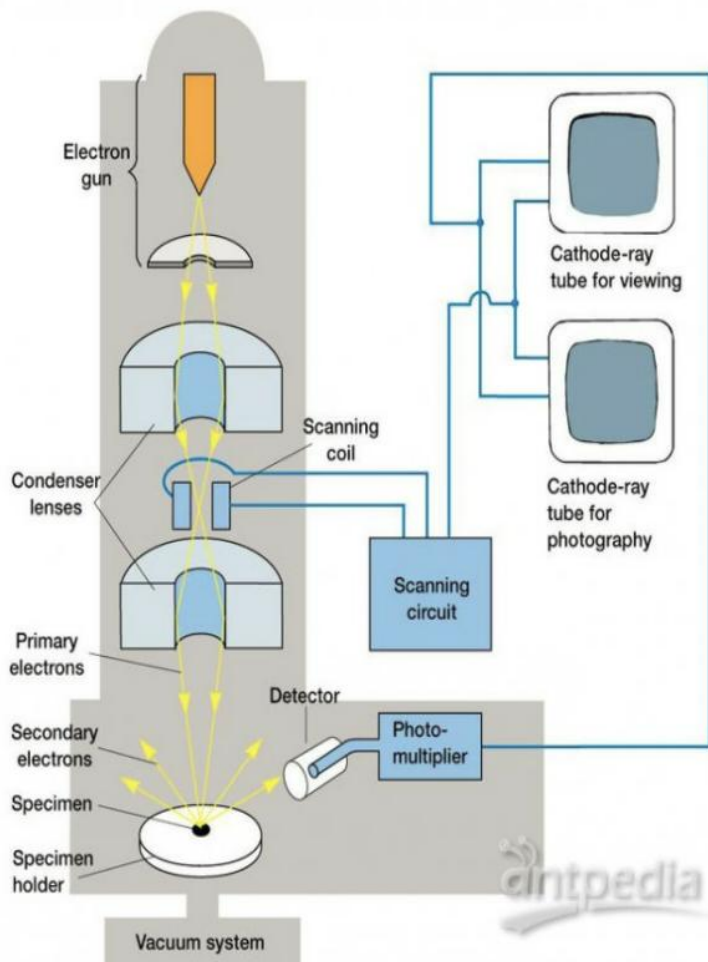
中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences



电子枪

电子光学模拟

真空系统



电路设计

软件设计

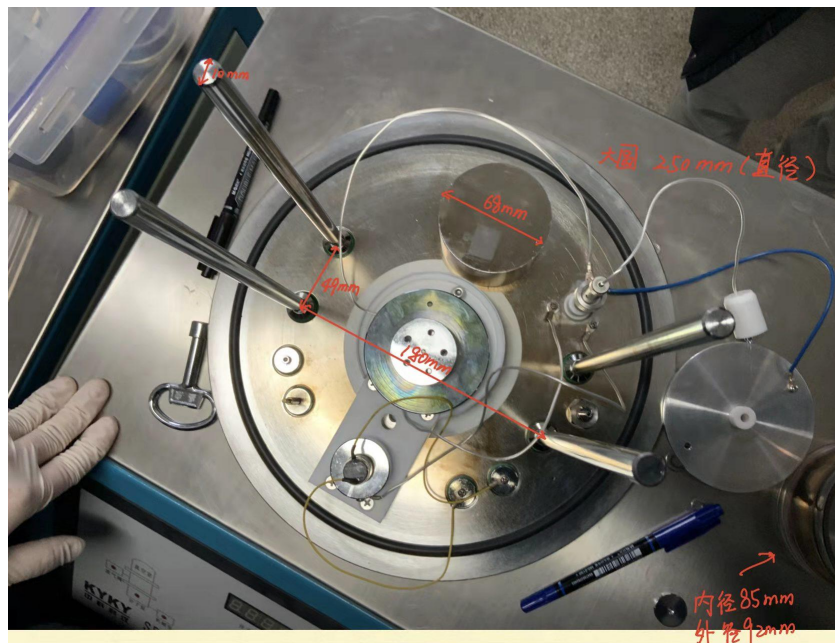
探测器

目前仅有7~8位核心成员
期待新人的加入!

样品室、样品台

核心：提出自己的想法 ——然后想办法实现！

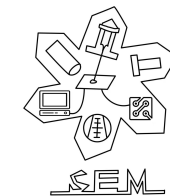
• 项目要点：敢想敢做



借用真空镀膜仪验证电子枪？



中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences

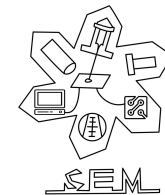


借助3D打印检验结构设计？

→ 不存在标准的实现路径！



中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences



感谢!

基于国产部件的SEM搭建项目团队