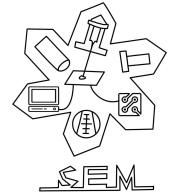




中国科学院大学  
University of Chinese Academy of Sciences



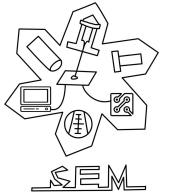
# 基于国产部件的 扫描电子显微镜 搭建项目

基于国产部件的SEM搭建项目团队

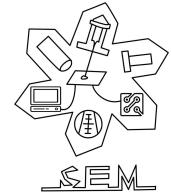
# 目录



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

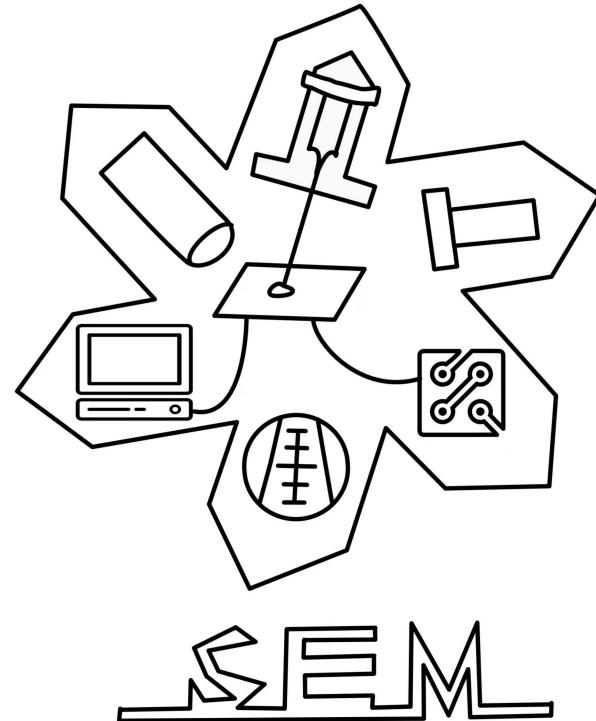


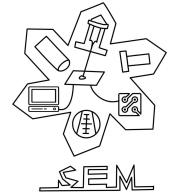
- 项目背景和仪器概念
- 项目历史和探索经验
- 项目条件和能力需求



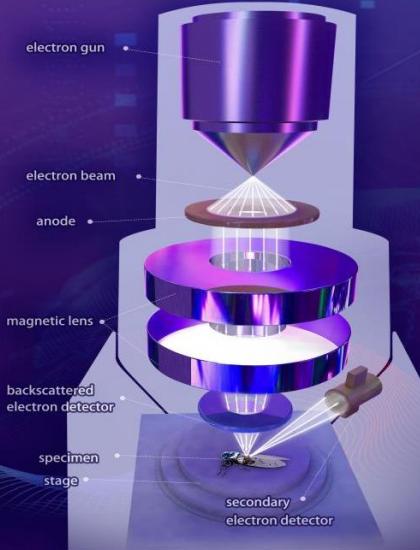
# 项目目标

- 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

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)

中国科学院大学

University of Chinese Academy of Sciences

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

充足的科研和活动经费

# 项目背景

**科学网** ScienceNet.cn

## 新闻

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

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

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%。

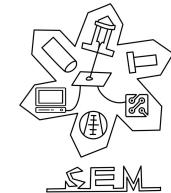
#### 高质量电子光学系统生产困难

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。



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



## 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。

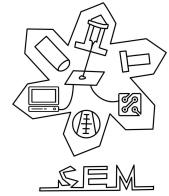
**仪器信息网讯** 5月13日，日本政府在内阁会议上决定，5月20日起，原则上禁止向俄罗斯出口包括电子显微镜、原子力显微镜、量子计算机、超低温设备、真空泵等14类高科技产品。当日，日本经济产业省在官网醒目位置公布了对应通知及14种被禁高科技产品清单。



# 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)

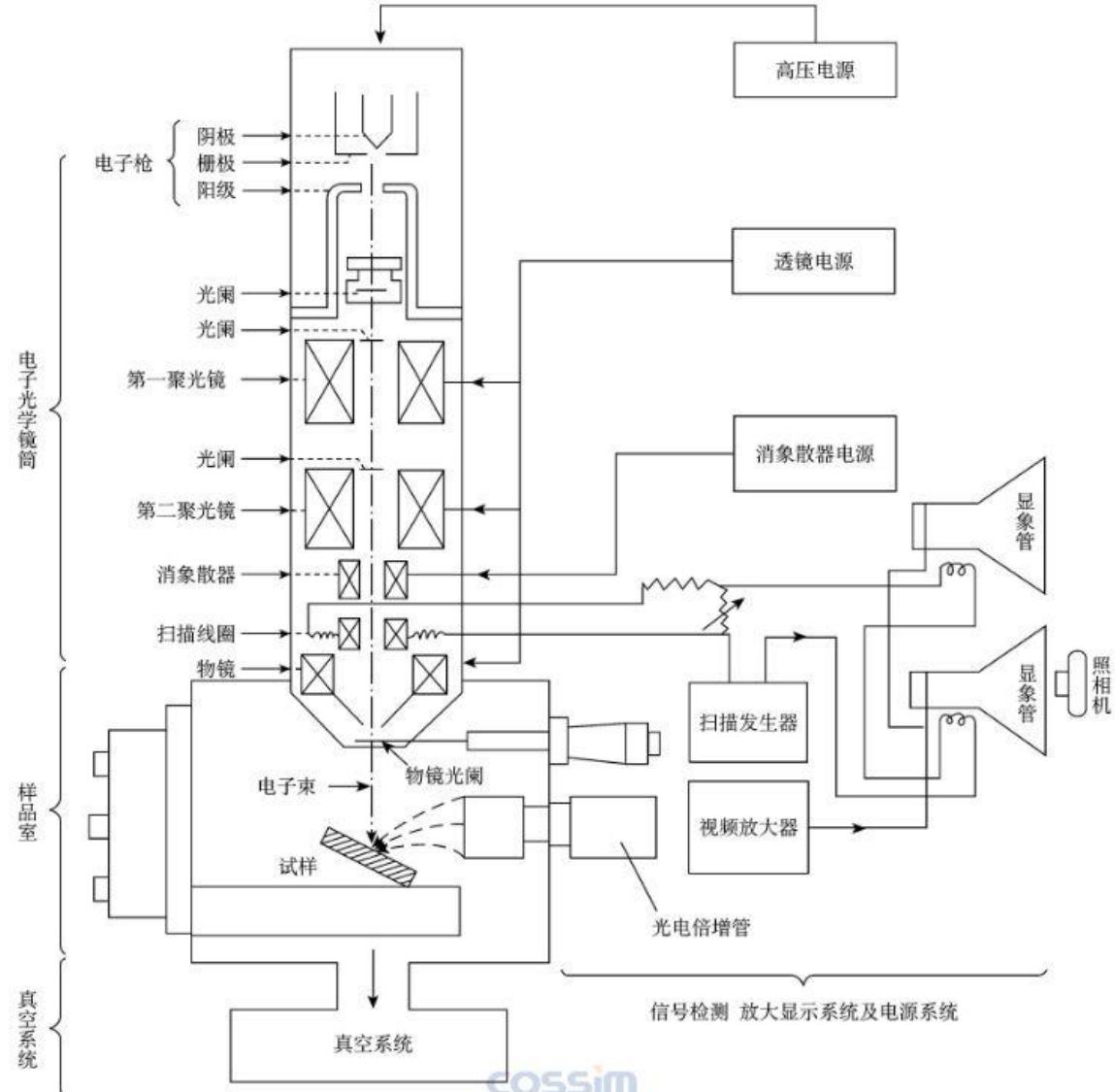
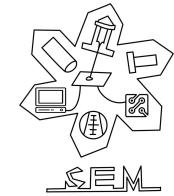
# 仪器整体架构

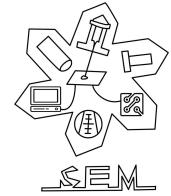
## 扫描电子显微镜 (SEM)

- **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



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





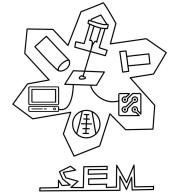
# 项目历史

- 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

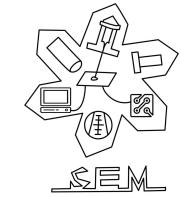
**张峻浩** (光学工程)  
**欧仕刚** (物理)  
**左玥** (电子)  
**王艺儒** (物理)  
**邓慧聪** (电子)  
**许宜晴** (电子)  
**许卿茹** (计算机)  
**吕星宇** (计算机)  
**林孟颖** (计算机)



# 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 个月内  
共 75 页方案

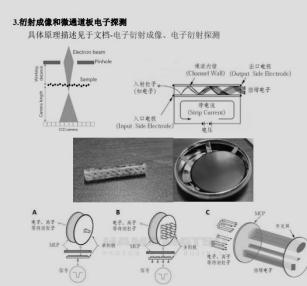
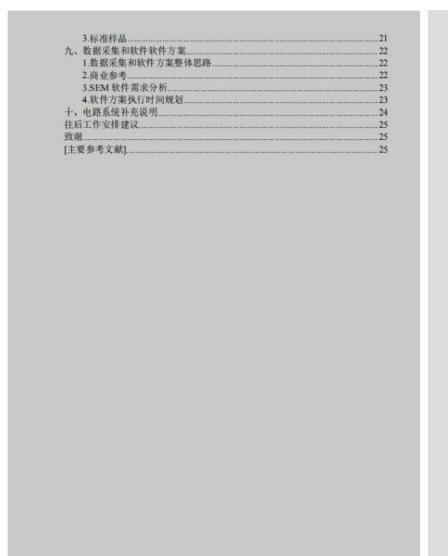
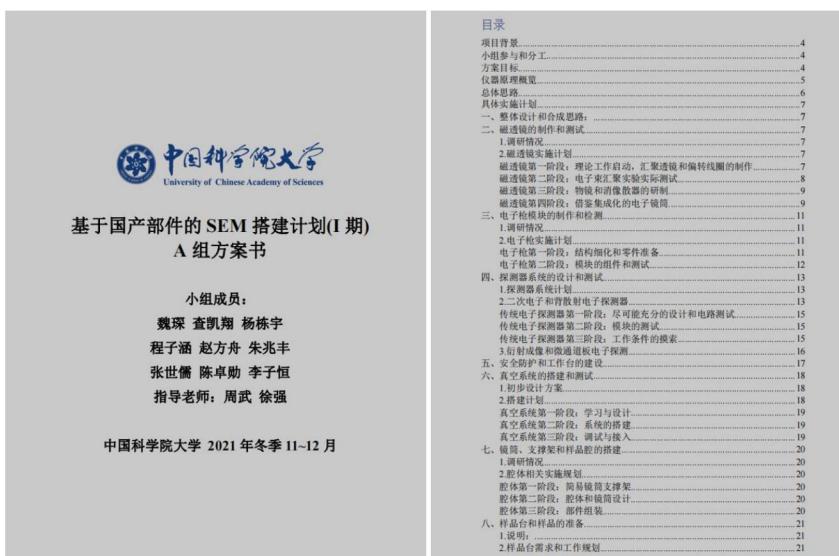
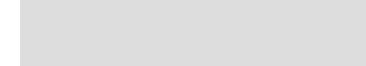


## SEM 设计方案 (B组)

### 目录

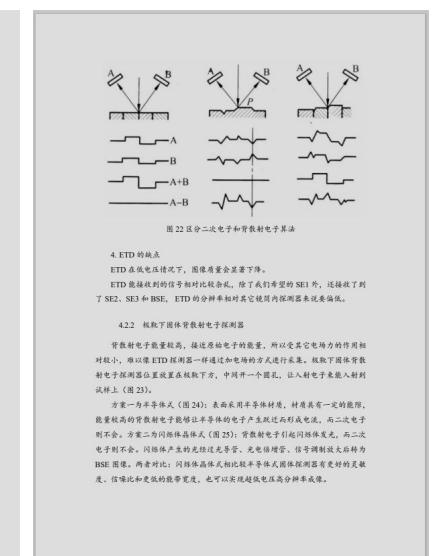
1 光路系统	1
1.1. 电子枪	1
1.1.1 电子枪的作用与基本工作原理	1
1.1.2 电子枪种类和优缺点	3
1.1.3 电子枪设计方案	4
1.4 测试方案	7
1.2 电子光路设计	7
1.2.1 设计方案	7
1.2.2 制造方案	13
2 真空系统	14
2.1. 真空系统的作用及工作原理	14
2.2. 真空系统设计方案	15
3 电源系统	17
3.1. 对于电子束源系统的高压加速电源	17
3.2. 带电粒子电源	19
3.3. 电源系统	22
3.4. 电源放置位置	25
3.5. 电源系统	26
3.6. 电源各部件设计	27
4 测量系统	27
4.1. 电子与物质的相互作用	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. 探测器系统	32
4.2.1 二次式二次电子探测器 (SEETD)	33

4.2.2 板极下圆筒形散射电子探测器	36
4.2.3 板极内探测器	38
4.2.4 板极内探测器和物镜技术的结合	39
4.2.5 其他探测器与分析仪器	40
4.3. 对接的透镜系统	40
4.3.1 基本系统和对品室内 (台)	40
4.3.2 图像质量与对品系统	41
4.4. 参考的显微镜和对品	41
4.4.1 对接时的信息	41
5 算法与软件	42
5.1. 数据处理	42
5.1.1 亮度	42
5.1.2 动态背景差分	42
5.2. 成像系统	43
5.3. 软件操作	44
5.3.1 调测情况	45
5.3.2 计划可行方案	45
6 样品准备	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



我们调研发现将背散射电子探测器放在微波实验室的微波炉的领域有比较好的应用，由于 SEM 做成在 20 年前已经在做十分普遍。我们希望研究：

- 1) 将背散射电子探测器用 SEM 的二次电子和背散射电子探测器；
- 2) 背散射电子用衍射成像。

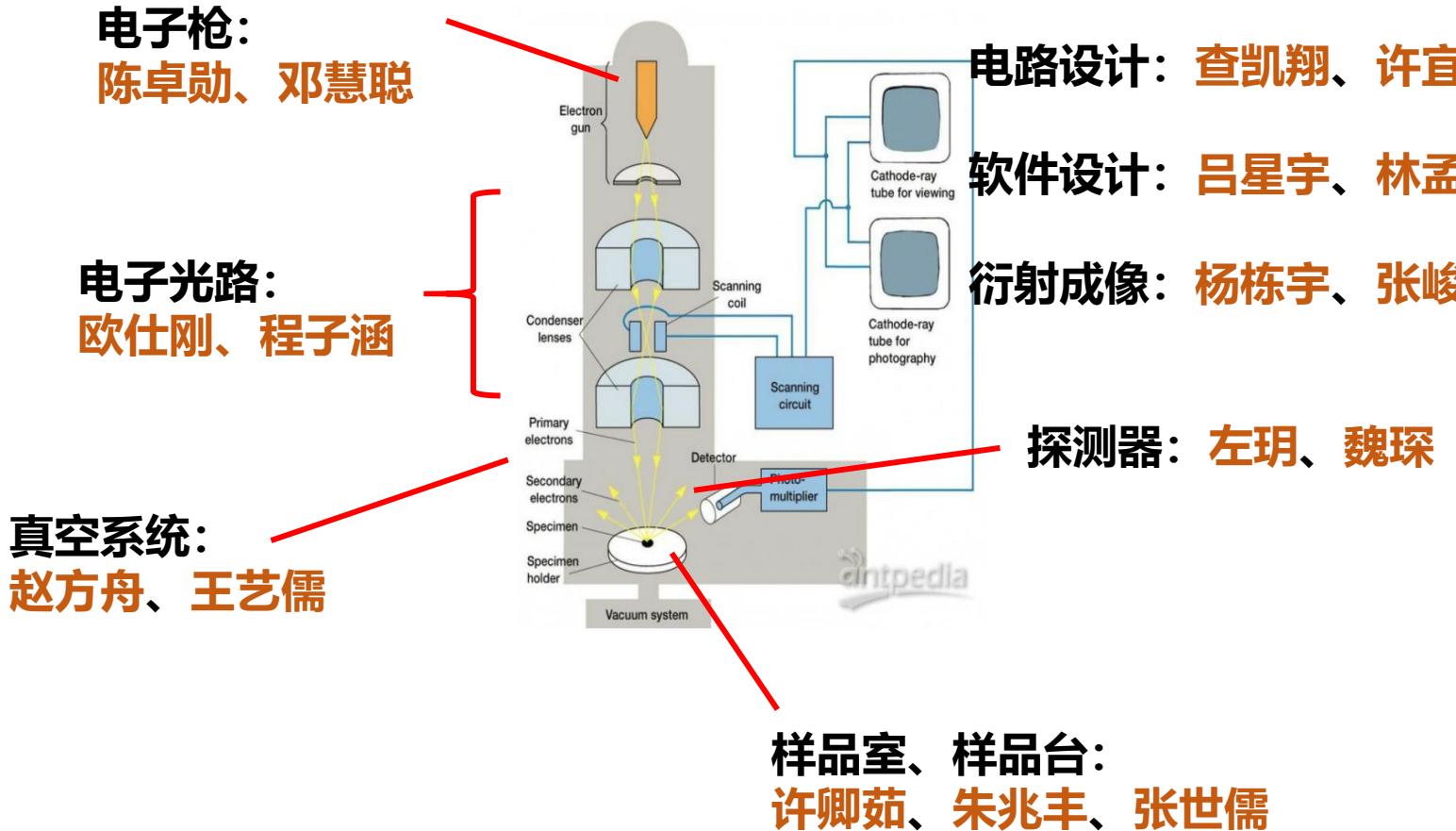
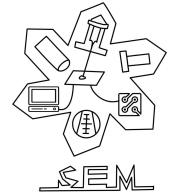


# 项目团队分工整合

(2021.12.05~2022.03.21)



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



## 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)

电子枪-电子光学部(E组)

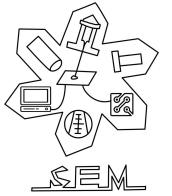
杨栋宇 (光学工程)  
陈卓勋 (计算机)  
欧仕刚 (物理)  
程子涵 (物理)  
魏 琛 (物理)  
邓慧聪 (电子)

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)

\*现今人员和分工有较大变动，但仍感谢所有同学的参与！

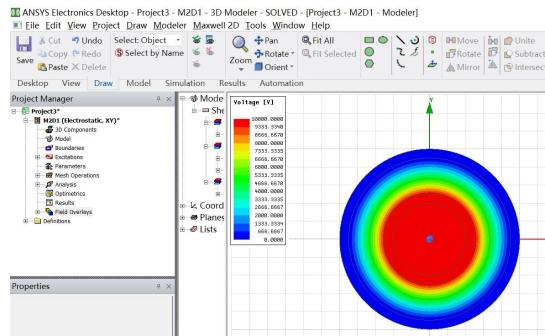


中国科学院大学  
University of Chinese Academy of Sciences



# 摸索学习阶段(2021.12.05~2022.03.21)

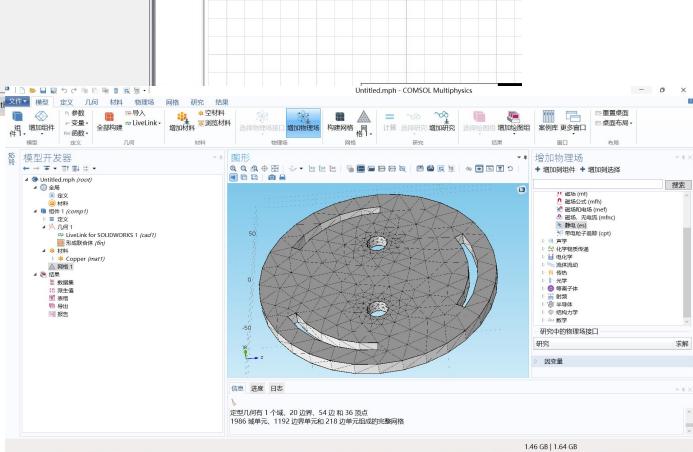
手机



手机壳



SolidWorks建模



寻找电子光学模拟软件



电子枪设计

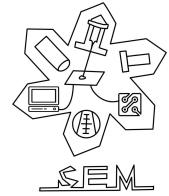


学习单片机

# 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

### 基于国产部件的扫描电子显微镜 搭建

UCAS-SEM 团队 技术文章 Wiki 联系我们

资源 公共 CW L S YZ +5

Planning  
请大家积极参与讨论和谋划  
招新应该如何进行?  
电磁仿真官方教学介绍  
电磁仿真如何用python更简便完成?

In Progress  
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  
优化 网站优化 Mar 17 - Mar 31 3/4  
科普文章  
Typrora购买和使用  
真空抽速模拟

Meetings  
生物物理所参观真空平台 Mar 25  
讨论会 Mar 21

Done  
完成的任务将会放在此处  
Jan 10, 2020  
电子枪的设计说明文档  
Mar 18  
浓缩式方案  
物理所半日游

SEM layout and function  
Emitter/e  
Condenserlens  
Deflection  
Final lens  
Objectivewperture  
Amplifier  
Screen

## 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，国内市场份仅占5%-10%。

科学仪器的研制目前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！

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



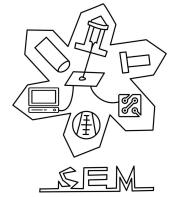
地线改造



打理实验室



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



迎接旧电镜  
2022.04.15





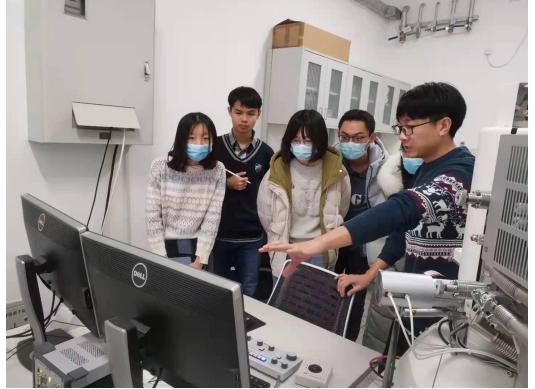
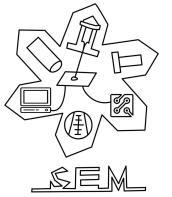
# 我们有什么？

全方位的资源和技术支持！

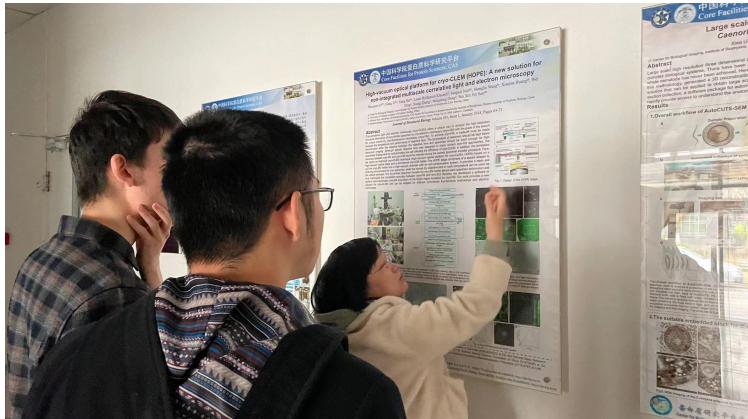
# 行业专家指导



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



- 参观真空平台和冷冻电镜,  
生物物理所, 2011.03.22

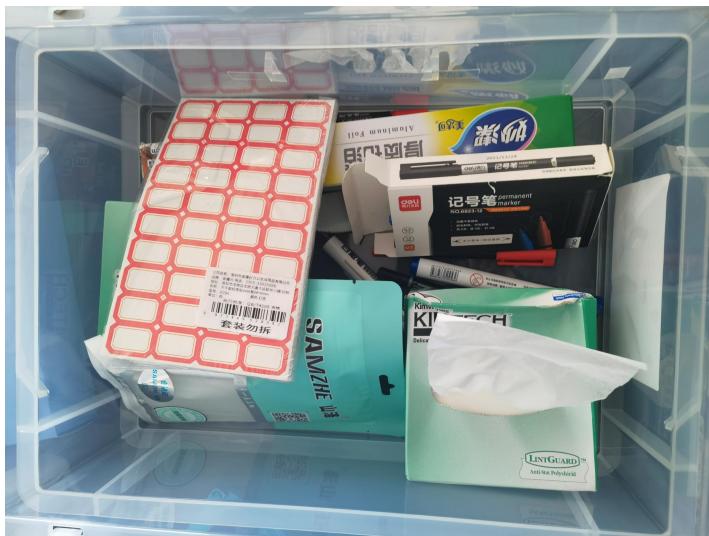
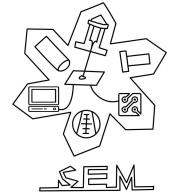


微通道板,  
高能所2021.12.05

# 实验研究条件



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



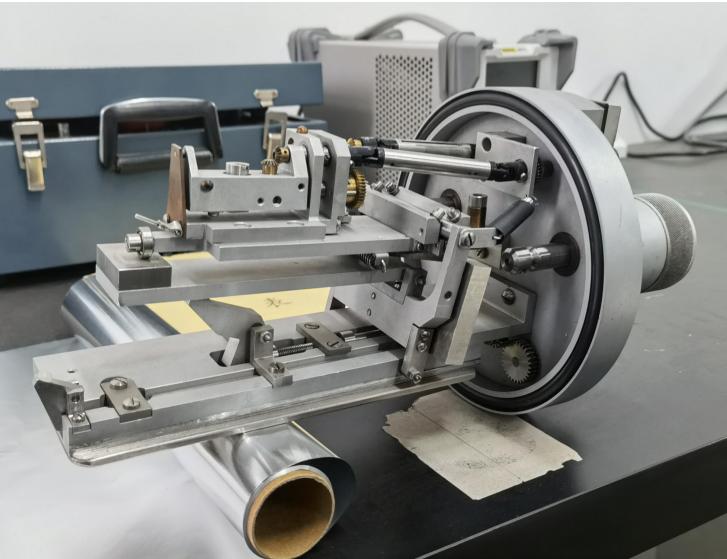
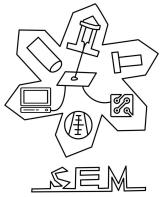
\*自主采购

分子泵和机械泵

# 整机电镜拆解



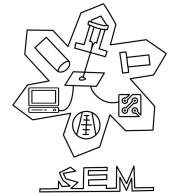
中国科学院大学  
University of Chinese Academy of Sciences



# 小组活动聚餐

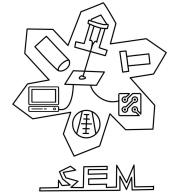


中国科学院大学  
University of Chinese Academy of Sciences





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



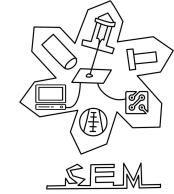
# 我们需要什么？

欢迎加入我们！

# 项目任务需求



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



## ——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：

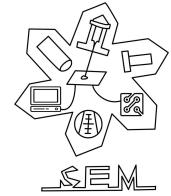
绘图、撰文

我们边做边学！

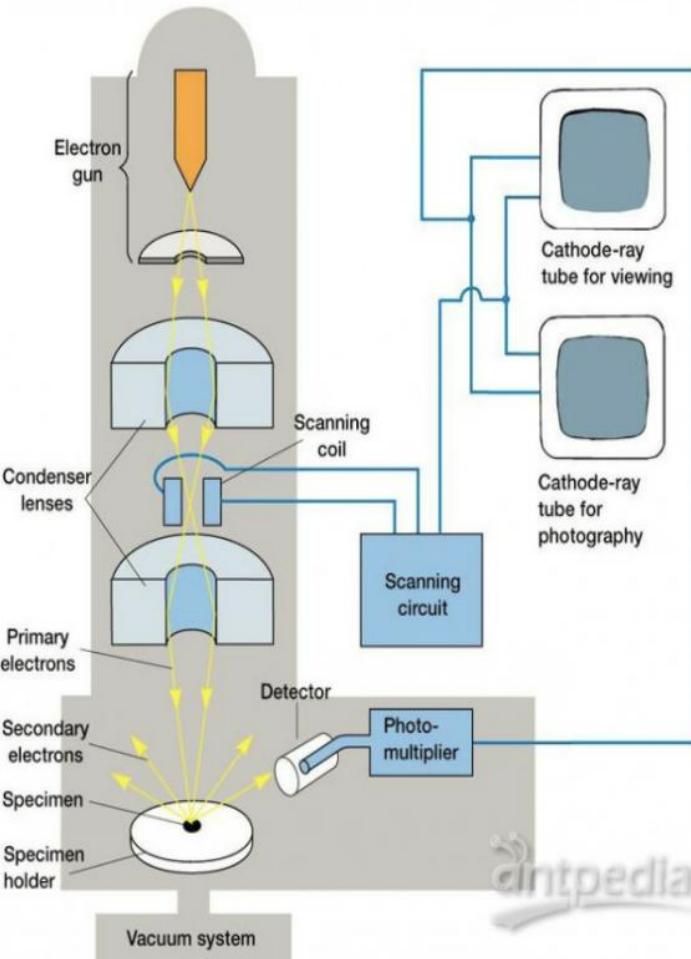
# 招新筹备中



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



电子枪



电子光学模拟

电路设计

软件设计

目前仅有7~8位核心成员  
期待新人的加入！

真空系统

探测器

样品室、样品台

# 核心：提出自己的想法 ——然后想办法实现！

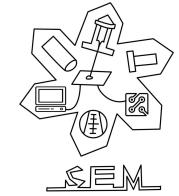
- 项目要点：敢想敢做



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

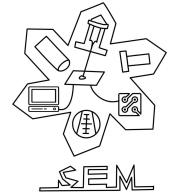


借助3D打印检验结构设计？

→ 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