

松山湖材料实验室实用超导薄膜研究团队关于采购能量色散型 X 射线荧光光谱仪的需求论证和市场调研报告

1. 需求论证

1.1 购买该仪器或服务的原因

实用超导薄膜团队正在承担铜氧化物高温超导薄膜的实用化项目，主要任务是薄膜沉积和后续的微纳加工。因为超导薄膜的临界温度 (T_c) 高度依赖膜厚均匀性，团队需要及时开展厚度均匀性的研究及厚度绝对值的测量。

当前超导薄膜研究中，厚度表征面临重大技术瓶颈：传统台阶仪等破坏性方法会损伤珍贵样品，而光学椭偏仪因依赖全波段拟合导致厚度解不唯一，且对高吸收性材料适用性有限。相比之下，X 射线荧光光谱 (XRF) 技术具有以下不可替代优势：

无损检测：通过分析材料特征 X 射线荧光，可实现超导薄膜的零损伤厚度测量，完整保留样品，用于后续电输运、磁学等关键性能测试。

唯一解：基于原子序数相关的荧光产额计算元素含量，通过对照标准样品可得到薄膜厚度，物理模型明确，避免椭偏仪拟合的多解性问题。

材料普适性：可测金属/氧化物/超导薄膜等，覆盖 10 nm-50 μm 厚度范围，满足从原子层沉积到厚膜器件的厚度测试需求。

经调研，XRF 已广泛应用于电子、半导体、钢铁、有色金属等贵金属镀层测试的严苛场景，设备性能可靠，但是，本单位及大湾区地区开放平台均缺乏满足超导薄膜厚度研究需求的能量色散型 XRF 设备。为突破此技术卡点，亟需配置 XRF 膜厚测试设备。该设备可将膜厚检测-工艺调整闭环时间从数天缩短至小时级，支撑超导薄膜生长工艺优化、保障实用超导薄膜项目的厚度质量控制。填补区域高端材料表征服务空白，预计年服务机时可达 2000 小时。

综上，采购专用于超导薄膜的 XRF 膜厚仪是突破超导材料研发瓶颈、抢占学术与产业制高点的战略性投资。

1.2 主要技术指标和质量要求

对能量色散型 XRF 设备的具体技术要求有：

1. 膜层分析能力：可同时分析至少 3 层膜、至少 3 种以上元素，兼容不同膜层有相同元素的情况；
2. 成分分析能力：至少满足 Al（13）-U（92）的 80 种元素成分分析；
3. X 射线装置：功率至少 50W，满足标准 DIN ISO 3497 和 DIN 50987；
4. 测量面积：至少满足 $0.1\text{mm}^2 - 1\text{mm}^2$ ；
5. 检测器：采用面积不小于 35mm^2 DPP-FAST SDD 检测器；
6. 光斑扩散度：最近测距光斑扩散度小于 10%；
7. 滤光片：集成嵌入式多滤光片切换装置；
8. 聚焦能力：拥有无损变焦检测技术，手动变焦功能，激光辅助对焦；
9. 分析时间：至少满足 1-200 秒可调；
10. 样品在线观测：彩色 CCD 和 25X-150X 变焦镜头；
11. 样品台：全自动 XY 平台，精度至少为 $10\ \mu\text{m}$ ，移动范围不小于 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$
12. 配备全自动可编程移动平台，可实现无人值守，同时对 2 个以上样品进行全自动检测；
13. 厚度计算能力：至少支持数据拟合和参考标准样品两种计算模式。

2. 市场调研

2.1 相关行业分析

能量色散型 XRF 测试薄膜厚度，传统应用的领域主要有：1) 电子工业：占比最大，用于 PCB 镀层、连接器镀金等，确保导电性和耐腐蚀性。2) 半导体行业：加工过程中各种镀层厚度及杂质的无损检测。3) 钢铁工业：检测防腐涂层（如镀锌层），延长材料寿命。4) 有色金属工业：贵金属（金、银）镀层检测，保障首饰和工业部件品质。

传统应用领域的膜厚测试集中在微米级测试和高空间分辨测试，对于纳米级膜厚测试的需求不高。

2.2 产业发展状况

能量色散型 XRF 测试薄膜厚度，目前的技术趋势主要是 1) 高空间分辨测试，例如毛细管型 XRF 设备：提高 X 射线聚焦能力，增强检测窄线宽镀层的灵敏度；智能化与自动化：2) 集成 AI 算法和自动化平台，减少人工干预；

2.3 主要供应商

竞争格局：Fischer Technology 和日立（Hitachi High-Tech Science）占据高端市场，国产设备中，江苏一六仪器在微区测厚这个细分市场占有率较高。各品牌的性能参数和报价单见附件。

2.4 满足需求的供应商及其设备/服务

① FT230 是日立推出的一款高端设备，FT230 的每个设计元素均旨在减少完成 XRF 测量所需的时间，有助于更快地根据测试结果采取行动，减少浪费并提高工作效率。从根本上说，让操作人员与仪器的交互变得越来越简单。特点及重要参数如下：

1. 快速分析：自动聚焦加快样品装载速度，即使在不同形状和尺寸的 组件之间切换时依然如此；

2. 快速设置：能识别功能 Find My Part™(查找我的样品) 会自动识别样品并找到正确的点；

3. 可视性：仪器采用大广角，是观察目标区域变得更简单清晰；

4. 易于使用：新型的界面并非面向 XRF 专家设计，直观而整洁，易于使用；

5. FT230 简化了测试程序，能分析基材上多达四层镀层，也可测试镀液成分；

6. 采用钨（W）靶微焦点 X 射线管，自上向下照射式，最大 50 kV，1000 μ A，50 W；

7. 检测器：采用高分辨率，大面积 50 mm² SDD；

8. 样品台精度（电动配置）优于 5 μ m。

② FischerXDAL 237 费希尔 x 射线荧光光谱镀层材料分析仪参数规格：

1. 通用规格设计用途：能量色散型，用来测量薄镀层和微小结构，分析合金和微量组分。

2. 测量方向：从上到下。

3. X 射线管：带铍窗口的微聚焦管

4. 高压、三档：10、30、50KV

5. 准直器：4 个可切换准直器：圆形；长方形、可按要求定制其它规格。

6. 基本滤片：3 种可切换的基本滤片（标准配置：镍，铝，无）

7. X 射线探测采用珀耳帖法冷却的半导体探测器

8. 元素范围硫为 S(16) 到到铀 U(92)

9. 视频系统：高分辨率 彩色摄像头，

10. 工作台：快速，电机驱动，可编程的 X/Y 工作台

11. 大移动范围，XY 方向：255mm*235mm；Z 轴：140mm

③ XAD-200 是一款全元素上照式荧光光谱仪，既保留了专用测厚仪检测微小样品和凹槽的膜厚性能，又可满足 RoHS 有害元素检测及成分分析，搭载全自动平台实现 XYZ 轴编程位移，实现无人值守多点测量，测量软件置入先进的 EFP 算法及解谱技术，解决了诸多业界难题。被广泛用于各类产品的质量管控、来料检验和对生产工艺控制的测量使用。以下是其特点及优势说明：

1. 涂镀层分析能力：可同时分析至少 20 个镀层，20 种以上元素，不同层有相同元素也可分析，可检测 Li (3) - U (92) 涂镀层 90 种元素；

2. 成分分析能力：可用于各种合金及贵金属等物质中 Al (13) -U (92) 的 80 种元素成分分析；

3. 分析时间：1-200 秒可调；

4. 检测器：采用面积不小于 70mm² DPP-FAST SDD 检测器；

5. X 射线装置：配备微聚焦加强型射线管；

6. 准直器：至少具备以下规格 0.1*0.3mm; ϕ 0.3mm; ϕ 1.2mm; ϕ 3mm, 可自动切换;

7. 最小测量面积：搭载微聚焦加强型 X 射线发生器和先进的光路转换聚焦系统，最小测量面积不超过 0.03mm² ;

8. 具备微光聚焦技术：最近测距光斑扩散度小于 10%;

9. 滤光片：集成嵌入式多滤光片切换装置;

10. 测量距离：拥有无损变焦检测技术，手动变焦功能，可对各种异形凹槽件进行无损检测，凹槽深度范围 0-70mm;

11. 样品观测：1/2.9” 彩色 CCD，具备变焦功能;

12. 对焦方式：激光对焦，精确定位;

13. 放大倍数：不小于 25X-150X;

14. 样品台：具备全自动高精密 XY 平台，移动范围不小于 240mm*210mm

15. 配备全自动可编程移动平台，可实现无人值守，对成百上千个样品进行全自动检测;

16. 算法：配 EFP 算法，可对多层多元素，包括同种元素在不同层都可快、准、稳的做出数据分析（钕铁硼磁铁上 Ni/Cu/Ni/FeNdB，精准检测第一层 Ni 和第三层 Ni 的厚度）;

17. 软件操作：人性化封闭软件，自动判断故障提示校正及操作步骤，避免误操作;

18. X 射线标准：满足 DIN ISO 3497、DIN 50987 和 ASTM B 568。

配置要求:

主机一台、电脑一套、打印机、附件箱、十二元素片、RoHS 标准片等

选型分析:

待选的三个型号: 1. 江苏一六仪器 XAD-200 (含税 62 万), 2. 日立公司 FT230 (含税 75 万), 3. Fischer 公司 XDAL 237 (含税 71.3 万);

从调研测样结果来看江苏一六及各家都能基本达到要求;

从配置方案上来说 XAD-200 使用了三个型号中最高配的 70 mm² DPP-FAST SDD 检测器, FT230 采用 50 mm² SDD 检测器, XDAL 237 采用最低端的 Si-Pin 检测器;

从市场占有率上来说目前进口品牌的日立公司和 Fischer 名气更大, 市占率更高, 江苏一六还在快速成长中;

从价格上分析国产的一六仪器成本最低, 进口两家都超过 70 万; 售后服务及技术支持方面来看三家都不错, 江苏一六在深圳有分公司及技术人员, 服务更及时和灵活, 定制化服务优势明显, 后续定制化服务对未来仪器使用及拓展意义很大;

基于以上几点建议选购江苏一六仪器的 XAD-200。

3. 能量色散型 X 射线荧光光谱仪设备采购方案

3.1 拟选购的设备信息

制造/生产/品牌商: 江苏一六仪器有限公司

地址: 江苏省昆山市玉山镇成功路 168 号/深圳市沙井镇后亭全至工业园

技术指标:

1. 涂镀层分析能力: 可同时分析至少 20 个镀层, 20 种以上元素, 不同层有相同元素也可分析, 可检测 Li (3) - U (92) 涂镀层 90 种元素;

2. 成分分析能力: 可用于各种合金及贵金属等物质中 Al (13) -U (92) 的 80 种元素成分分析;

3. 分析时间: 1-200 秒可调;

4. 检测器: 采用面积不小于 70mm² DPP-FAST SDD 检测器;

5. X 射线装置: 配备微聚焦加强型射线管;

6. 准直器：至少具备以下规格 0.1*0.3mm; ϕ 0.3mm; ϕ 1.2mm; ϕ 3mm, 可自动切换;

7. 最小测量面积：搭载微聚焦加强型 X 射线发生器和先进的光路转换聚焦系统，最小测量面积不超过 0.03mm² ;

8. 具备微光聚焦技术：最近测距光斑扩散度小于 10%;

9. 滤光片：集成嵌入式多滤光片切换装置;

10. 测量距离：拥有无损变焦检测技术，手动变焦功能，可对各种异形凹槽件进行无损检测，凹槽深度范围 0-70mm;

11. 样品观测：1/2.9” 彩色 CCD，具备变焦功能;

12. 对焦方式：激光对焦，精确定位;

13. 放大倍数：不小于 25X-150X;

14. 样品台：具备全自动高精密 XY 平台，移动范围不小于 240mm*210mm

15. 配备全自动可编程移动平台，可实现无人值守，对成百上千个样品进行全自动检测;

16. 算法：配 EFP 算法，可对多层多元素，包括同种元素在不同层都可快、准、稳的做出数据分析（钕铁硼磁铁上 Ni/Cu/Ni/FeNdB，精准检测第一层 Ni 和第三层 Ni 的厚度）;

17. 软件操作：人性化封闭软件，自动判断故障提示校正及操作步骤，避免误操作;

18. X 射线标准：满足 DIN ISO 3497、DIN 50987 和 ASTM B 568。

配置要求:

主机一台、电脑一套、打印机、附件箱、十二元素片、RoHS 标准片等

3.2 拟采用的供货方案

代理商：江苏一六仪器有限公司

地址：江苏省昆山市玉山镇成功路 168 号/深圳市沙井镇后亭全至工业园

价格：陆拾贰万元整人民币

特定的采购要求（比如供货时间，预付款等）：

定制产品需预付全款，供货时间为 60 个自然日内;

4. 结语

经广泛调研，满足实验所需技术指标要求的能量色散型 X 射线荧光光谱仪，目前有江苏一六仪器有限公司公司提供的 XAD-200 型号设备能满足我方要求，且硬件配置、价格及后续服务优势明显。特此，拟申请采购江苏一六仪器有限公司 XAD-200 设备，预算为 62 万元。

采购需求部门论证签字（3 人以上，含部门负责人）：



杨景婷 王中 钱魁

附件：调研供应商产品报价单

2025 年 5 月 24 日