

## 1.1.6 软 X-RAY 光谱仪

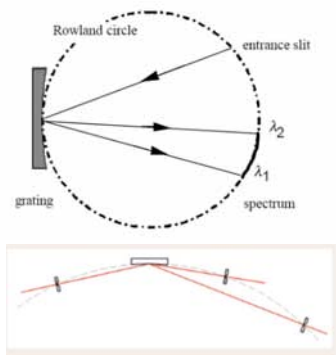
### 软 X-RAY 光谱仪列表

o= 标准或者可选项，单道多道指的是探测器

| 型号       | 波段 (nm) | 光谱分辨率 (nm) | 焦长 (mm) | 单道 | 多道 | 成像 | 真空 | 高真空 | 光学设计               |
|----------|---------|------------|---------|----|----|----|----|-----|--------------------|
| 248/310G | <1-310  | 0.018      | 1,000   | o  | o  |    | o  | o   | 掠入射罗兰圆结构           |
| 251      | 10-170  | 0.05       | 292     |    | o  | o  | o  | o   | VLS 平场超环面          |
| 251MX    | 1-20    | 0.02       | 5,649   |    | o  |    | o  | o   | VLS 平场光栅           |
| XCT      | 8-120   | 0.1        | 2,000   | o  | o  | o  | o  | o   | 掠入射 C-T 结构, 8° AOI |
| OP-XCT   | 8-120   | 0.08       | 800     | o  | o  | o  | o  | o   | 掠入射 C-T 结构, 5° AOI |

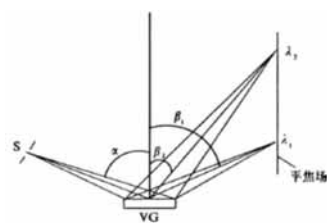
软 X-RAY 光谱仪主要分为以下几种结构

#### 掠入射罗兰圆结构



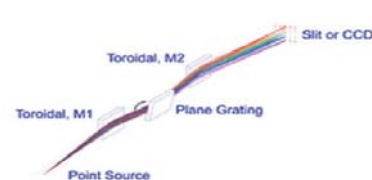
- 主要原理基于罗兰圆
- 入射狭缝固定不动，
- 出射狭缝沿罗兰圆圆周进行扫描采集光谱
- 掠入射入射角大于 80 度
- 光谱范围：<1nm-310nm
- 代表型号：248/310G

#### 平场光栅光谱仪



- VLS ( Variable Line Spacing )，可变间距光栅
- 获得平场焦平面；
- 良好的像差修正
- 超环面基地 VLS 光栅 - 像散修正；
- 光谱范围：1-20nm 或 10-170nm
- 代表型号：251,251MX

#### 掠入射 C-T 结构

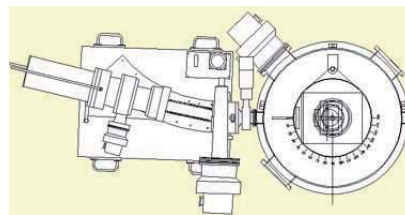


- 基于传统 C-T 结构
- 掠入射 >80 度入射角
- 采用平面光栅
- 良好点到点成像效果
- 高通光量
- 单点扫描或 CCD 成像探测
- 光谱范围：8-120nm
- 代表型号：XCT,OP-XCT

### 软 X 光和极端远紫外谱段 248/310G 型掠入射单色仪



- 可工作于扫描或多道检测模式 (可互换)
- 光栅选择范围广
- 入射角度可变
- 精确的罗兰圆, 精度达  $\pm 4 \mu\text{m}$
- 高精度连续可调狭缝
- 狭缝带隔离伐
- 滑入式过滤片选件
- 结构坚固, 设计简洁, 可在任意方向安装使用



在波长 1 到 100nm 范围使用最多的仪器是 McPherson 的 248/310G 型一米焦距掠入射光谱仪。这一仪器设计合理，工作于软 X 射线谱段，使用简单。单色仪通过出口狭缝在罗兰圆上移动来扫描波长。罗兰圆的直径等于光栅的曲率半径。

该设备配备单个光栅提供覆盖 1 至 310nm 光谱范围；采用非真空紫外发射线设备的校准及调准可以在大气压下完成。符合运动学原理安装的光栅保证了在调准后的用于试验的光栅可以复位。

光栅室材质为不锈钢，配备了一个标准的 4.5 英寸 conflat™ 全金属密封的泵接口 (a standard 4.5" conflat™ all metal sealed pump port)。该光栅室提供了符合运动学光栅固定架、真空中可调焦距测微计、滤光片及孔径片、入射狭缝及出射折迭暗箱固定架。

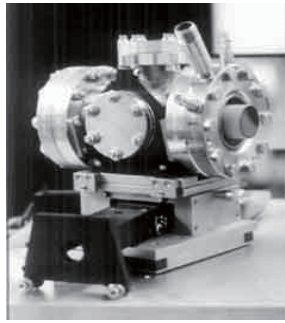
248/310G 型可以用于单通道扫描，多通道光度计 (使用多道平面增强器或 CCD)，或者倒过来使用作为 Extreme UV and Soft X-ray 的多种单色光源。不管哪种方式，都带 o-ring 密封的真空系统或全金属密封的超高真空系统。

当 248/310G 用作扫描单色器时，可以得到最佳分辨率和最宽的波长覆盖范围。出口狭缝通过密封焊接的波纹管装置连接到光栅室，可以在光栅中心 50mm 范围内扫描。采用 88 度入射角，扫描精度可以达到 0.98nm。

使用 789A-3 型扫描系统 (36,000 steps / rev.) 步进距离为 0.0004"。取决于光栅刻线密度和入射角度，这一距离同波长直接关联。双边可调入射狭缝 (5-3000  $\mu\text{m}$ ) 固定在光栅室上。罗兰圆上移动的狭缝可由精确的千分尺调节。狭缝装置上带有安装真空计，进气阀，粗抽阀的接口。波长小于 30nm 时为提高性能，应使用金属过滤薄片以滤出散射和低能光。用于最高能量 / 最短波长时，应使用 VYNS 型滤光片。

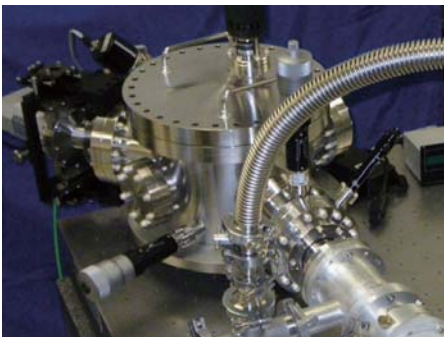


左边照片为 McPherson 248/310G 使用无窗背后照明无镀膜 CCD 探测器，可以直接测量 soft x-ray 和 EUV 光谱。CCD 垂直于出射光束。CCD 中心是最好的焦点。CCD 可以在 Rowland circle 上扫描使得任意波长时光束都打在探测器的中心。



左图为采集 soft x-ray and extreme UV 谱段的数据，可以在 Rowland circle 上使用微通道板 (microchannel plate)。通过这种方式，可以同时采集 40mm 宽的谱线数据。光阴极材料和微通道板 (MCP) 需要真空环境，不能在空气中调节。微通道板 (MCP) 固定装置允许用户在真空中调节聚焦，转动，角度，等等，从而得到最优的谱线。通常我们选用 40 mm 宽的微通道板 (MCP)，为覆盖更宽的波长范围，可以移动 MCP 多次成相。数据读出采用通过光纤锥连接的 CCD 或 PDA 阵列。微通道板 (MCP) 装置可以扫描从最低约 2nm (MCP 的极限) 到最高大约 250nm (在 MCP 中心)，超过 250nm CsI 光阴极不再响应。

## Model 251 型环形光栅平场光谱仪



- 真空度可达  $10^{-9}$  torr
- 任何角度操作
- 多种探测器可选
- 像差校正的轮胎曲面光栅
- 适合焦平面探测器 (CCD/MCP)
- 成像
- 快速光谱采集 10-170nm



McPherson 公司生产多种工作在极紫外和软 X 射线波段的光谱仪。对于某些特殊的应用，此种光谱仪应用特殊波长范围的分析。对于开发激光激发的 13.5nm 的氙灯等离子极紫外光源和诊断托卡马克装置的短寿命的等离子体等实验，平场相差校正光谱仪是最佳选择，并且具有明显的优势。

平场环面光谱仪主要工作在固定的波段，光学上环面和相面校正的设计方法，决定了光谱仪工作于一些固定光谱波段。由于光栅密集型设计及其制作难特点，选择合适的光栅是非常有限的。如果选择到您希望的光谱波段的光栅，那么您太幸运了。相对简单的光学系统，即可获得成像效果，又可得到良好的光谱分辨率。此类光谱仪可利用 CCD 相机直接探测高能光谱、MCP 微通道板像增强器可以作为此套系统作为光学闸门。

技术参数：

McPherson 251 型环面平场光谱仪：

相差校正平场环面光谱仪的焦平面为 40mm，适合于微通道板的像增强器。紧凑的和通用的光谱仪结构非常牢固。此套仪器我们大部分客户都用于托卡马克等离子体研究实验。可含有 2-3 个光栅塔轮，衍射光栅同时背靠背放置，双驱动，转动扫描大的等离子体部分。如有需求，请咨询。

| 偏向角 | G/mm | 分辨率 (nm) | 焦平面宽度 (mm) | 光谱范围 (nm)   | 光谱范围 (eV) |
|-----|------|----------|------------|-------------|-----------|
| 140 | 2105 | 0.05     | 40         | 9.5 to 32   | 130 to 39 |
| 140 | 450  | 0.10     | 40         | 10 to 110   | 124 to 11 |
| 140 | 290  | 0.16     | 40         | 15.5 to 170 | 80 to 7   |