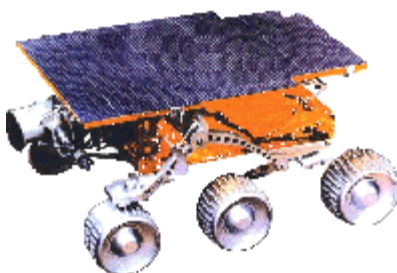


## XR-100CR 型 X 射线硅 PIN 探测器

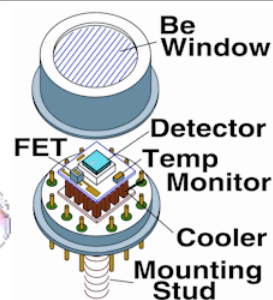
**145eV 的能量分辨率！**  
**全固态设计！**  
**热电致冷技术——无需液氮！**



XR-100CR 及配套电源 PX5



火星探测器上的 XR-100



XR-100 探头组件示意图

XR-100CR 系列产品由高性能 X 射线探头，前置放大器（前放）和致冷系统组成，首次采用热电致冷技术保持硅 PIN 光电二极管的低温工作环境，另外在两级热电致冷器上还安装了输入场效应管(FET)和新型温度反馈控制电路，这样探头组件的温度可保持在约零下 55 摄氏度左右，并可通过组件内置的温度传感器显示实时温度。探头采用 TO-8 封装，并利用不透光和不透气（真空封装适用）的薄铍(Be)窗以实现封装后的软 X 射线探测。

XR-100CR 系列产品无需采用昂贵的低温制冷系统即可获得非常优越的性能，它标志着 X 射线探测器生产技术上的一个突破。

### 产品特性：

1. 硅 PIN 光电二极管探头；
2. 两级热电致冷器；
3. 探头温度实时显示；
4. 铍（Be）窗；
5. 多层准直器；
6. 密封封装（TO-8）；
7. 检测范围宽，适于多种应用；
8. 操作简单，易上手。

### 应用范围：

1. X 射线荧光分析；
2. RoHS/WEE 标准检测；

3. 便携式设备;
4. OEM 应用;
5. 核医学;
6. 高校和科研院所教学研究;
7. 艺术和考古学;
8. 生产过程监控;
9. 穆斯堡尔谱仪;
10. 航空及宇航应用;
11. 核电站辐射监控;
12. 有毒物垃圾场检测;
13. 粒子诱发 X 射线荧光分析 (PIXE)。

#### 配件:

1. MP1 型 X 射线荧光分析系统装配平台
2. 真空应用相关配件;
3. 准直套装 (高通量应用);
4. 实验室 XRF 开发套装;

**XRF 设备由此开始 ... ..**

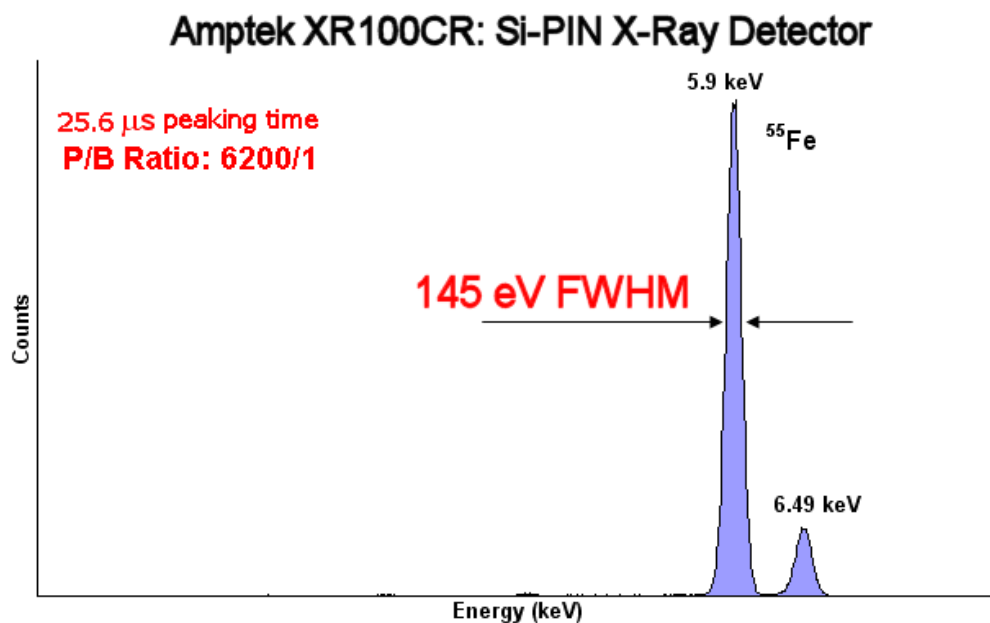


图 1. 6mm<sup>2</sup>/500 $\mu$ m 尺寸硅 PIN 探测器测得的  $^{55}\text{Fe}$  能谱

利用硅 PIN 探测器测量  $^{55}\text{Fe}$  (5.9keV 的峰) 能谱时的能量分辨率为 145eV 到 230eV 不等 (半高全宽, FWHM), 具体分辨率和探测器类型以及成形时间 (shaping time) 常数有关, 详情可参见[选购指南](#)。

---

## 简要理论说明

入射的 X 射线会和硅原子相互作用，X 射线能量每损失 3.62eV 就会在硅晶体产生一个电子-空穴对。随着入射能量的不同，能量损失或以光电效应为主，或以康普顿散射(Compton scattering)为主。而探测器吸收 X 射线能量并产生电子-空穴对的几率（即探测效率）随着硅的厚度增大而变大。

为提高电子-空穴对收集效率，需要在硅晶体上加约 100 到 200 伏的电压，而具体大小则取决于硅的厚度。在室温下工作时，该偏压对半导体而言过高，很可能漏电甚至击穿硅晶体。但在 XR-100CR 型探测器中首次应用了热电制冷技术，保证探头在低温下工作，这样漏电流大大减少，从而可以实现在高偏压下的正常工作。另外高偏压还能降低探测器的电容，进而降低系统噪声。

热电制冷器同时对硅探测器以及场效应晶体管（为电荷敏感前置放大器提供输入）进行冷却。对场效应管的冷却能减少它的漏电流，同时能增加跨导（transconductance），二者都能减少系统的电子学噪声。

实际上光电二极管探测器无法直接光学自复位，因此 XR-100CR 系列产品应用一种新颖的反馈控制方法来实现电荷敏感前置放大器的自复位。没有继续采用传统产品中的复位晶体管，而是通过发射一个精确的电荷脉冲到场效应管中来实现自复位，其中利用了到探测器的高压连接和探测器电容。该方法避免了自复位晶体管的噪声问题，系统的能量分辨率进一步提高。

利用热电制冷的探测器内部元件的温度会随着室温的变化而改变，故为即时监控这些元件的温度，在硅基底上还安装了一个用于温度监控的二极管芯片。低于-20°C 的情况下，XR-100CR 的性能在几摄氏度的范围内都不会有明显变化，故在通常室温条件下使用时无需采用闭合环路的温度反馈控制电路，但在 OEM 手持式 X 射线荧光光谱仪设备应用中则强烈推荐温度反馈控制电路。主动温度控制（ATC）模块在 PX2CR 中是可选的，而在 PX5 中是默认标配的。

## 产品参数

常规参数	
探头类型	硅 PIN 探测器(Si-PIN)
硅基底尺寸	6-25mm <sup>2</sup>
硅基底厚度	300 或 500μm
准直器	多层准直器
能量分辨率(@ <sup>55</sup> Fe, 5.9keV 峰)	145-230eV FWHM (取决于探测器类型和成形时间常数)
本底计数	<3x10 <sup>-3</sup> /s, (对应 2-150keV 峰值,7mm <sup>2</sup> /300μm 探测器)
铍(Be)窗厚度	1mil (25μm)或 0.5mil (12.5μm)
电荷敏感型前置放大器	Amptek 定制设计 (通过高压连接复位)
增益稳定性 (温飘)	<20ppm/ °C (一般情况下)
外壳尺寸	3 x 1.75 x 1.13 inch, 7.6 x 4.4 x 2.9 cm
重量	4.9 ounces (139g)
总功率	<1W
保修期	一年
产品寿命	五到十年, 因具体应用而异
环境温度	0~+40°C
仓储和物流要求	长时间仓储: 干燥条件下存放十年以上 一般仓储/物流: -20 到 +50 °C, 10%到 90%湿度 (无冷凝器)
	TUV Certification Certificate #: CU 72072412 01 Tested to: UL 61010-1: 2004 R7 .05 CAN/CSA-C22.2 61010-1: 2004
输入参数	
前置放大器电源	电压正负 8 到 9V, 电流 15mA, 噪声峰峰值小于 50mV
探头电源	电压 100 到 200V, 电流 1μA (因探头种类而异); 输入需要非常稳定: <0.1%的波动。
制冷器电源	最大电压 4V, 噪声峰峰值小于 100mV, 最大电流 350mA 注意: XR-100CR 探测器自身包含温度控制器
输出参数	
复位输出波形	XR100CR 的输出在+5 和-5V 之间; 复位周期会随探测器类型和计数率不同而变化。

前置放大器灵敏度	一般为 1mV/keV (不同探测器可能略有不同)
前置放大器极性	负脉冲信号输出 (最大负载为 1k 欧姆)
前端放大器反馈	经过探测器电容复位
温度显示灵敏度	PX2CR 中 770mV 相当于 -50 °C; 利用 PX5 可通过软件直接读取温度 (单位: 开尔文)。

### XR-100CR 连接器接口

前置放大器输出	同轴电缆 BNC 接头
功率和信号	六针雷莫 (LEMO) 接头 ( <a href="#">Part# ERA.1S.306.CLL</a> )
互连电缆	单独使用 XR100CR: 六针雷莫接头 ( <a href="#">Part# FFA.1S.306.CLAC57</a> ) 到九针 D 型接口; 配套使用 PX5: 六针雷莫到六针雷莫接头; 长均五英尺。

### 六针 LEMO 接头引脚输出

针脚 1	温度监控二极管
针脚 2	探测器正偏压 (高压), 最大为 +100~200V
针脚 3	前置放大器 -9V 电源
针脚 4	前置放大器 +9V 电源
针脚 5	致冷器电源返回
针脚 6	致冷器电源输入 (电压范围: 0~+4V, 电流 350mA)
外壳	接地和屏蔽

---

## 选配组件

1. 其他厚度的 Be 窗可特别订购 (0.3mil 到 7.5um);
2. 高通量应用时候的准直器套件;
3. 真空应用相关配件;
4. OEM 应用;
5. X-123 配置。



图 2a. X-123 配置，包含探测器，前置放大器，数字处理器及电源的一体化设计。



图 2b. 探测器，前置放大器及封装。



图 3. XR100CR 探测器加长选项

---

### **XR100CR 的数字脉冲处理器和电源模块**

XR-100CR 系列产品的电源由 PX5(数字脉冲处理器和电源模块组合)提供，而 PX5 自身的直流输入来源于交流电适配器。PX5 提供了数字脉冲处理放大器 (0.2~100us 峰化时间)，多道分析功能以及探测器所需的所有电源。

XR-100CR/PX5 的组合系统能确保开机 1 分钟后稳定工作。

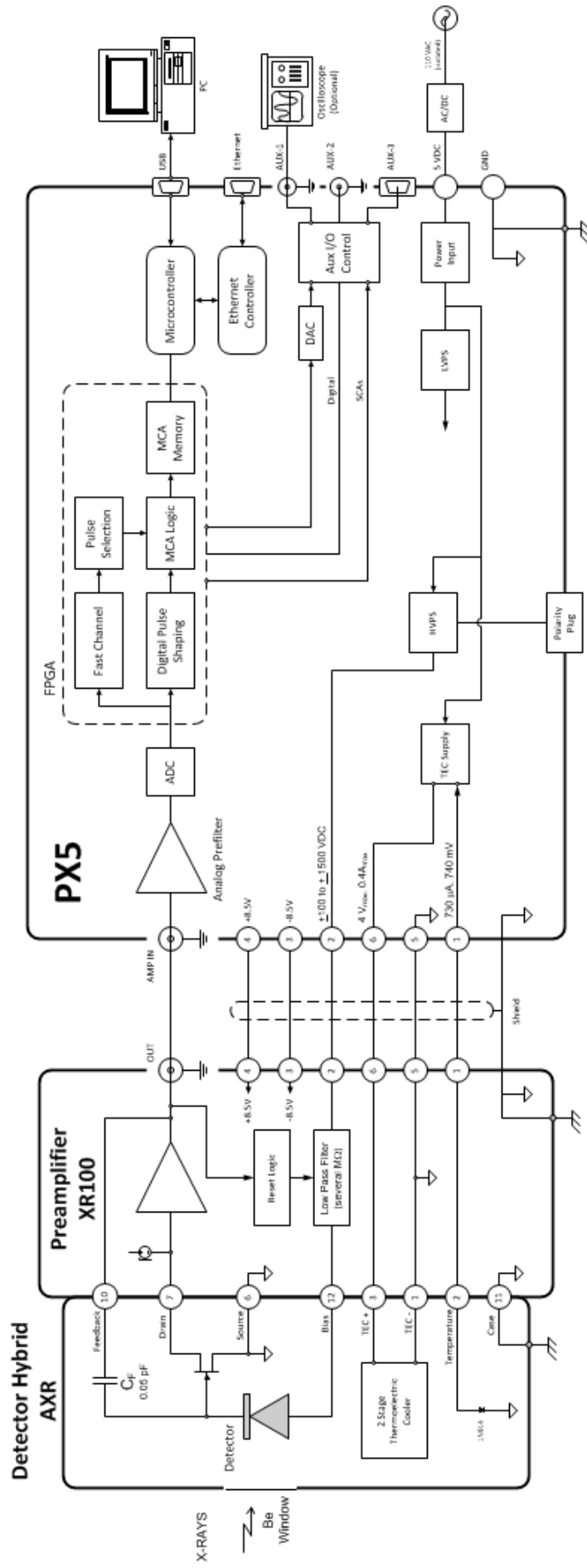




图 4. 采用 XR100CR 和 PX5 搭建的典型系统的框图。

AMPTTEK 公司能提供不同的探测器和前置放大器配置以满足不同需要，其对应的引脚输出和电压类型不一样。

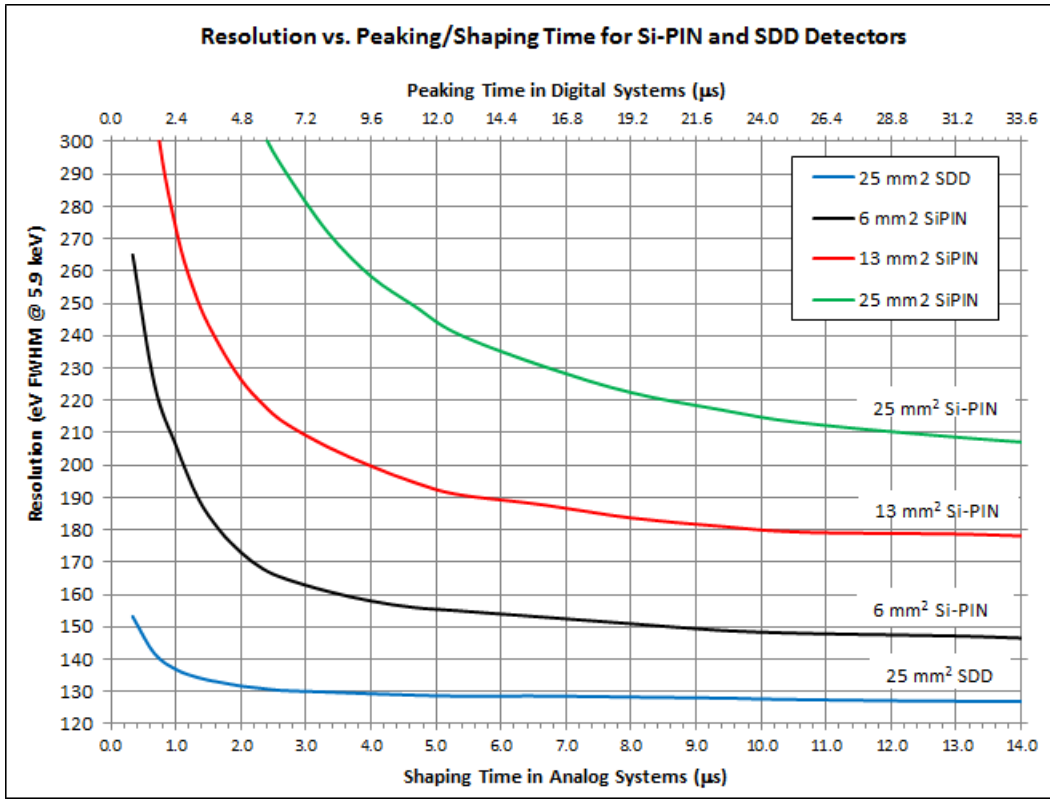


图 5. 硅 PIN 和硅漂移探测器的分辨率和峰化/成形时间关系曲线

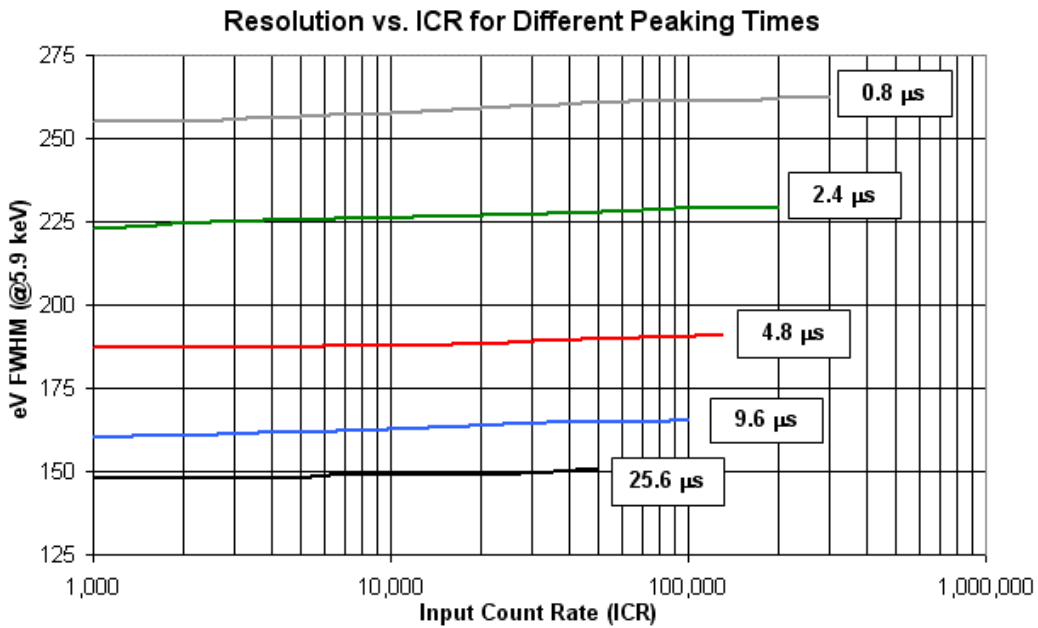


图 6. 不同峰化时间下探测器能量分辨率和输入计数率 (ICR) 关系，对应 XR100CR 和 PX5 情况

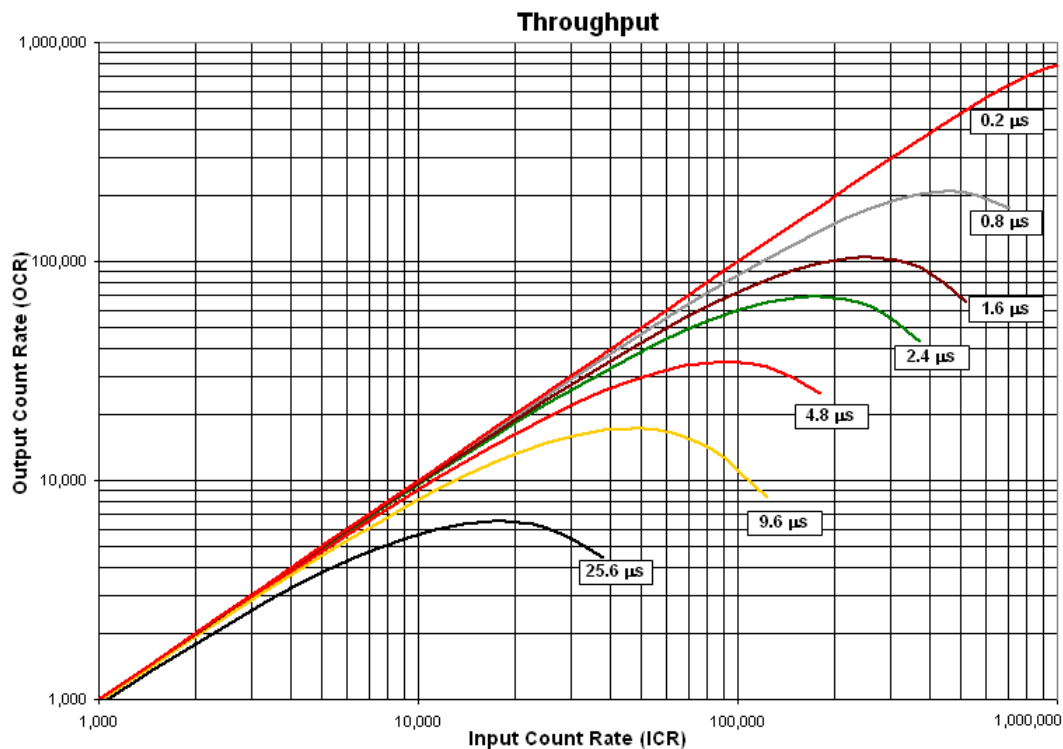


图 7. 不同峰化时间下的 PX5 输出能力

### 准直器的使用

为提高能谱测量的质量，绝大部分 Amptek 生产的探测器都带有内部准直器。

探测器有效面元(active volume)边缘部分和 X 射线的相互作用会因不完全电荷收集产生一些小脉冲信号，进而影响测得的能谱数据。而且这些信号可能正处在用户所关心的元素所在的能量范围，降低了信噪比。而内部准直器则可以限制 X 射线只能打到有效面元内，这就避免了噪声信号的产生。

不同类型的探测器中准直器的应用各有优点：提高峰本比 (P/B)；消除边界效应；消除假尖峰信号。

### 真空环境中的应用

XR-100CR 型产品可以工作在  $10^{-8}$  托的真空环境到大气压下工作，而真空环境应用有如下两种方案：

- 1) XR-100CR 的探头和前放均置于真空室内部：
  - a. 为保证 XR-100CR 的正常工作，需避免器件过热，并做好输入的 1W 功率的良好

导热；即利用 XR-100CR 封装上的四个安装孔，根据具体真空室位形设计散热，将器件热量传导到真空室壁上；

b. 在 CF (Conflat Flange) 刀口法兰上利用可选的真空馈通端子（如 9DVF 型，九接口）连接 XR-100CR 和真空室外的 PX5 电源。

2) XR-100CR 全部置于真空室外：需利用可选的真空探测器延长组件（如 EXV9 型，长 9 英寸）和标准 CF 刀口法兰窗口（通过 O 型金属环密封）配套。

### 效率曲线

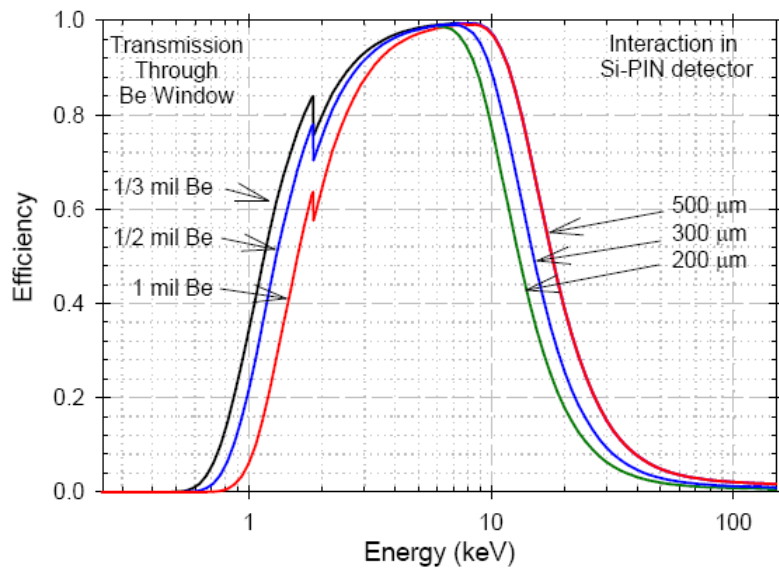


图 8 (线性坐标). XR-100CR 型探测器的对应完全能量沉积的内禀探测效率。  
该效率对应 X 射线能进入该探测器前端并通过光电效应沉积所有能量到探测器上的概率。

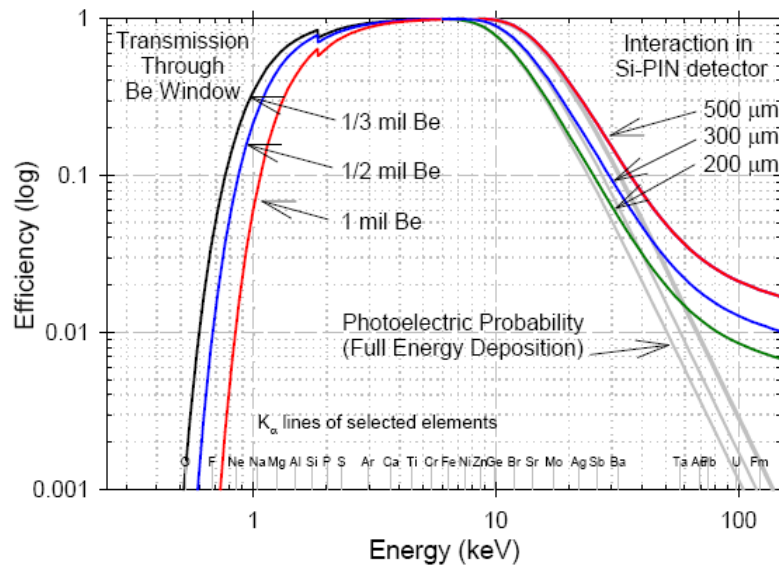


图 9 (对数坐标). 考虑各种效应后的收集效率，其中也包含了光电效应的概率影响。

光电效应在低能段主导，而该效应对应了能量的完全沉积，但在超过 40keV 后，康普顿（Compton）散射效应逐渐显著，不是所有能量均沉积在探测器上。

上面两图同时考虑了铍窗（包括保护层）对 X 射线透过率的影响以及光子与硅探测器之间的相互作用。曲线的低能部分由铍窗的厚度决定，而高能部分则取决于硅探测器的有效探测厚度。选用特定的铍窗，可使 90% 的能量为 2 到 3keV 的入射光子到达探测器；选用特定的探测器，可接收到 90% 的 9 到 12keV 的光子。

[传输效率文件](#)：包含传输效率方面系数和常见问题解答的.zip 格式文件，仅提供基本信息，不能作为定量分析依据。

## XR-100 在探路者（PathFinder）计划在火星着陆！！

得益于该系列产品的独特设计和可靠性，XR-100 在探路者计划中被选中，用于岩石和土壤成分分析。

### 来自火星的第一个岩石元素成分能谱

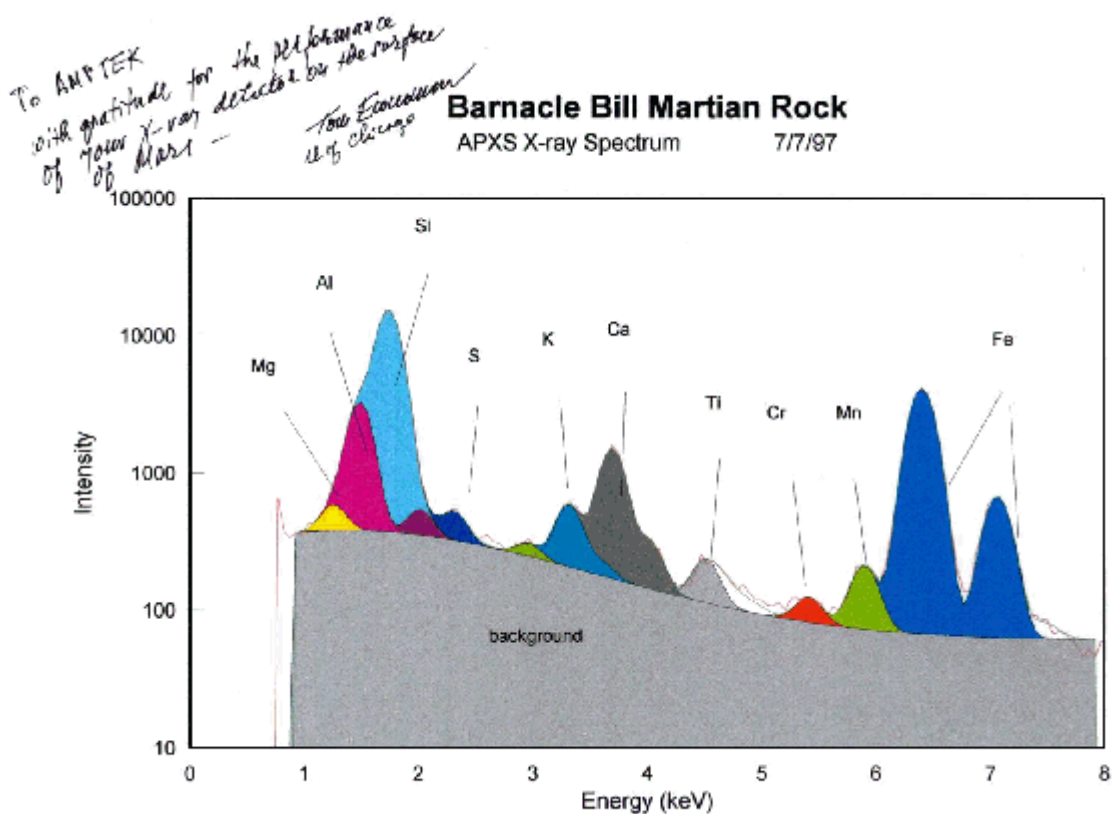


图 10. 承蒙芝加哥大学提供。

完整的 XRF 系统

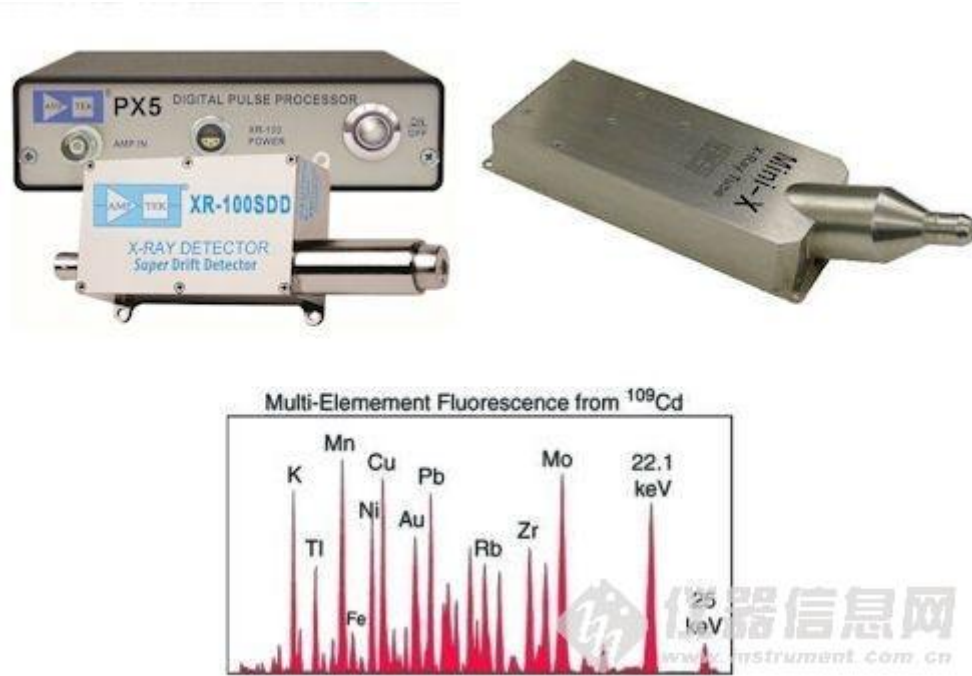


图 11. 完整的 X 射线荧光谱仪系统



图 12. XR100CR 和 Mini-X 安装在 MP1 平台上示意图

**完整的 X 射线荧光谱仪系统包括：**

1. XR-100CR 型 X 射线探测器；
2. PX5 型数字脉冲处理器，多道分析模块和电源；
3. Mini-X 型 USB 控制 X 射线管；
4. XRF-FP 定量分析软件；
5. MP1 型 XRF 系统装配平台。

---

更多信息请关注 AMPTEK 英文官方网站：[www.amptek.com](http://www.amptek.com)。