

X射线 & 高能粒子探测 解决方案

Raptor Photonics
高性能相机权威制造商

X-RAY 2018

Overview概述

Raptor Photonics 为光子探测及高能粒子探测设计了一系列科研级相机。相机使用来自e2v等厂家的高性能CCD芯片，能够直接测量能量范围在1.2eV-20keV的粒子。对于更高能量的粒子探测，可以通过一块荧光屏耦合到CCD探测器上这种形式来间接测量。

Raptor Photonics为全球的OEM厂商和众多国家实验室设计了一系列定制化解决方案。融合了先进的材料科学以及最新的传感器技术，我们能够提供具有非凡性能与可靠性的高性能相机。

直接探测与间接探测的区别

直接探测

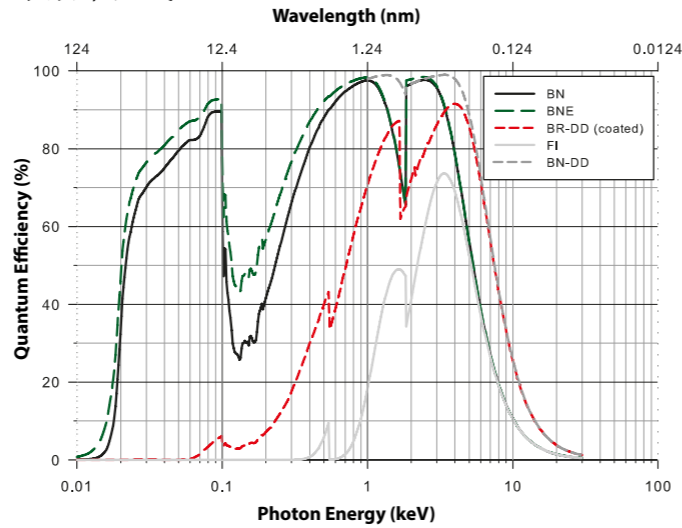
直接探测应用中，相机的芯片直接暴露在X射线中，这些射线的光子或粒子被芯片吸收，产生电子空穴对。对于能量大于10eV的光子，光子能量与所产生电子空穴对数存在对应关系：电子空穴对数(N_{e-h})=入射光子能量 $E_{ph}/3.65$ 。X射线光子通过在CCD中产生电子空穴对从而产生信号。

$$N_{e-h} = \frac{E_{ph}}{3.65}$$

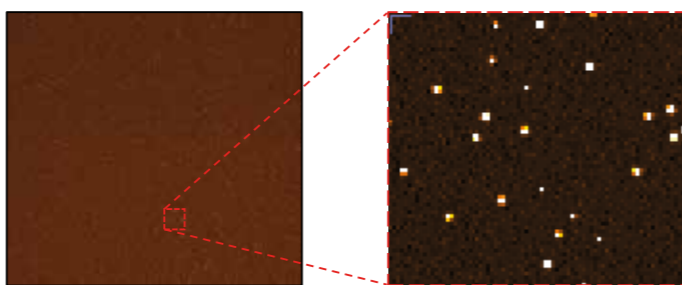
在X射线探测的情况下，这意味着单个X射线光子在CCD内部产生一个信号，该信号在相机噪声层以上可以清楚地分辨出来，因此可以进行光子计数。然而，CCD探测辐射的能力很大程度上取决于光子（或粒子）的吸收深度。如果吸收深度太长，光子就会直接穿过器件而不被探测到；如果吸收深度太短，比如软X射线的能量小于几百eV，设备的表面特征将限制/影响探测效率。对于前照式(FI)传感器，光子必须首先通过电极结构层，才能被探测到。对于背感光(BN)传感器，由于没有AR涂层，消除了与栅格结构相关的衰减，但由于探测器减薄处理过程中，少量的衰减将在非常短的吸收深度内持续存在，最大程度上降低背面无效探测的影响。

直接探测具有空间分辨率好，灵敏度更高，可以实现能量分辨等优点。

下图所示，是几款直接探测X射线CCD芯片的量子效率曲线。



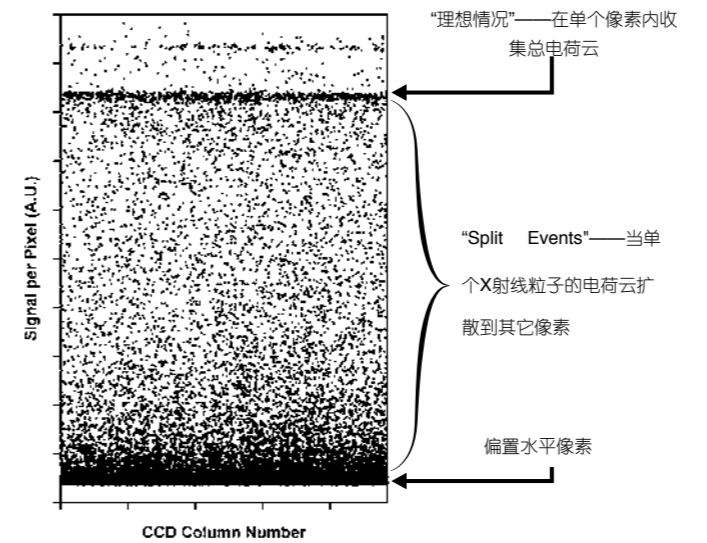
因此，如果光子或高能粒子的吸收产生在传感器耗尽层内，光子生成的电子将被限制在传感器像素的电子势阱中，然后作为信号读出。相反将被基体所排斥，并进行重组。一款设计优异的制冷型相机会把暗电流和读出信号相关的噪声降至最低。相机拥有了优异的电荷转移效率（CTE），提供了在低通量成像条件下（例如 $\ll 1$ x-ray photon/pixel/frame），具有最佳能量分辨的能力。在这些条件下，可以得到如下图所示的“星空”图像。



典型的“星空”图像——图像中的尖刺是通过检测单个X射线光子产生的
放大所选区域的图像，选择显示偏置水平像素，检测单个像素的X射线光子

分析这些图像可以向用户提供X射线光子撞击探测器的能量信息。相反，如果X射线的能量已知，那么通过确定转换因子（以每DN的电子为单位）就可以获得这台相机的许多性能指标。借助图像用户可以计算很多参数，如读出噪声，暗电流和像素阱深等。

对这些图像进行检查，除了进行一些简单的数据处理外，还可以在水平和垂直方向上给用户提关于相机电荷转移效率的定性信息。图像的扩展部分显示了主图像的一小部分像素的主要特征，明亮的峰值/图像中亮点是硅基CCD芯片探测到的X射线粒子，而较暗的像素用来表征相机的读出噪声和暗电流。单个明亮的像素是“理想的情况”，被探测到的X射线产生的整个电荷云被限制在一个像素内，然而更多的情况是，电荷云在两个或多个相邻像素之间共享（通常称为“split events”）。绘制整个图像的像素值，如下图所示，用户可以定性检查系统是否存在总电荷转移效率低的问题，这可以看作是由于“理想情况”导致的线的斜率/加宽。



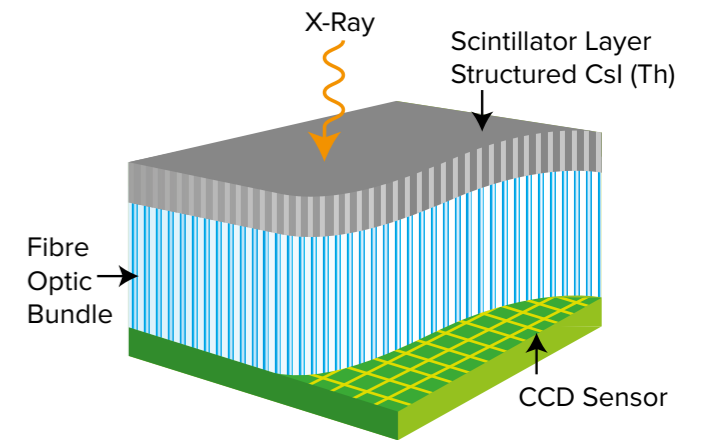
直接探测除了提供单光子灵敏度外，还提供了出色的空间分辨率，但是CCD传感器中的能量沉积（由光子或粒子组成）将改变传感器的硅结构，主要影响电极结构旁边的氧化物层。由于这些氧化物层在某种程度上被传感器自身的硅材料“屏蔽”了入射光子，因此背感光传感器对辐照更为耐受。X射线损伤将表现为暗电荷的增加和陷阱缺陷数量及严重程度增加。暗电荷的增加取决于累积的X射线剂量，当在典型的光子计数条件下使用时，多年后才会出现问题。然而，如果装置被高强度的射线反复照射，影响会很快显现出来。

使用硅基CCD传感器进行直接探测最适合于能量低于20keV以下的光子（或粒子），见QE曲线。标准的IMO（或MMP）传感器提供大约10keV的可用检测效率，而“深耗尽”传感器中较厚的耗尽区域将这个范围扩展至大约20keV。使用背感光传感器，由于在传感器表面没有AR涂层，某些能量光子的QE接近100%。

¹ Janesick, James R. (2001). Scientific Charge-Coupled Devices. Bellingham, WA: SPIE Press

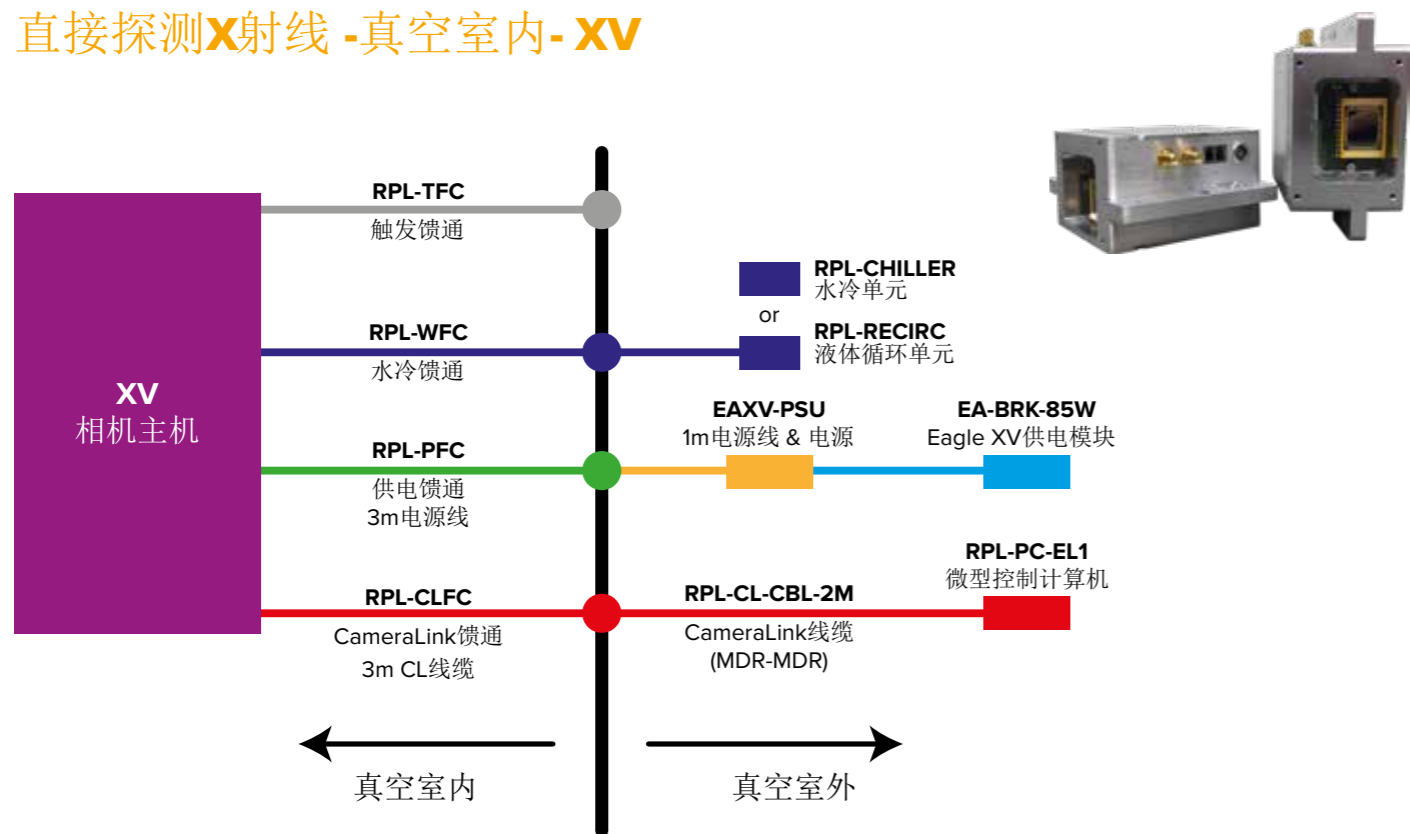
Indirect Detection间接探测

在>20keV的能量下，深耗尽传感器的光子吸收长度远大于耗尽深度，因此大多数光子不会被传感器检测到。对于这些高能粒子，间接探测更为合适。



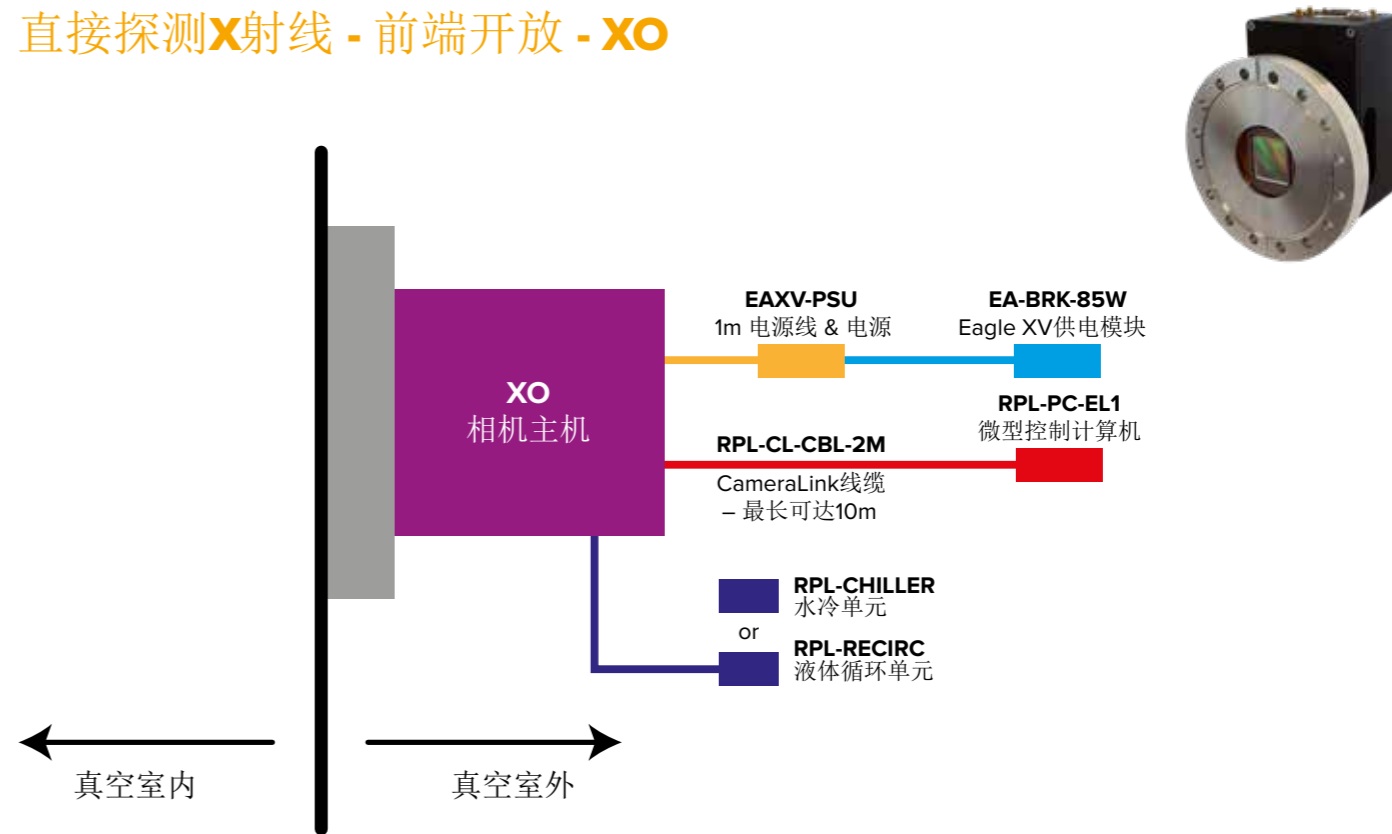
间接探测利用光纤锥前端的荧光涂层，将X射线转换成可见光（通常是“绿光”）进行探测。间接探测使用的CCD传感器，其主要性能很大程度上取决于所选的荧光屏，荧光屏厚度、化学成分以及颗粒大小这些参数都会影响到CCD的性能。间接探测的优点是具有较宽的能量覆盖范围，使用梯形光锥，可以进行大靶面探测，同时CCD芯片被光纤面板保护，不会被X射线辐照。配合使用EMCCD，还可以实现高灵敏度探测。

直接探测X射线 - 真空室内 - XV



制冷选项	非制冷或制冷至 -70°C
*分辨率选项	CCD42-40 – 2048 x 2048, 13.5µm pixels; CCD47-10 – 1024 x 1024, 13µm pixels; CCD42-10 – 2048 x 512, 13.5µm pixels; CCD30-11 – 1024 x 255, 26µm pixels
探测器类型选项	FI – 前照式 BN – 背感光式 BN-DD – 深耗尽、背感光式

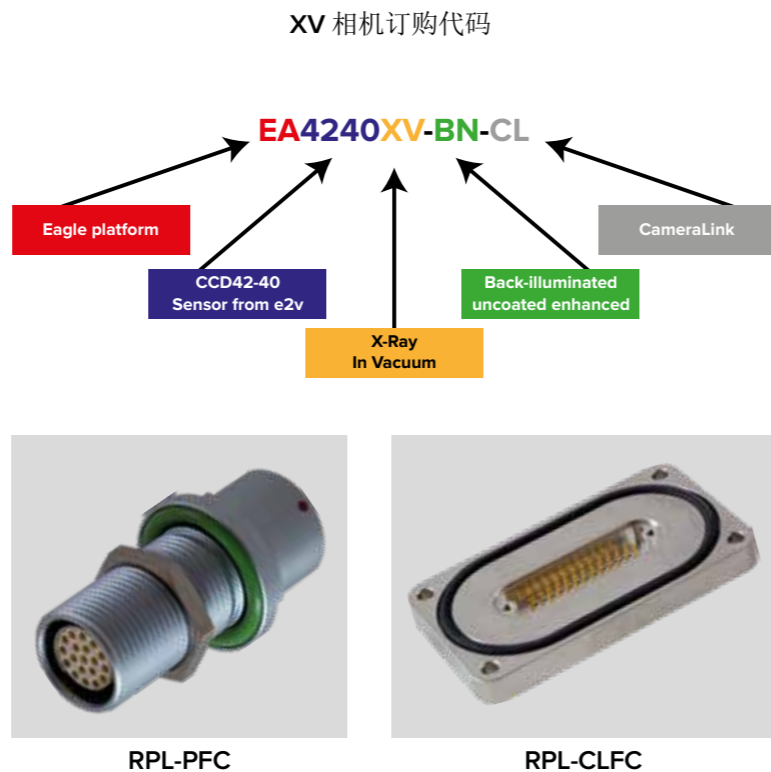
直接探测X射线 - 前端开放 - XO



制冷选项	非制冷或制冷至 -70°C (其它制冷方式可定制)
*分辨率选项	CCD42-40 – 2048 x 2048, 13.5µm pixels; CCD47-10 – 1024 x 1024, 13µm pixels; CCD42-10 – 2048 x 512, 13.5µm pixels; CCD30-11 – 1024 x 255, 26µm pixels
探测器类型选项	FI – 前照式 BN – 背感光式 BN-DD – 深耗尽、背感光式
法兰类型	标准6" CF 法兰 (CF152), 其它法兰型号可定制

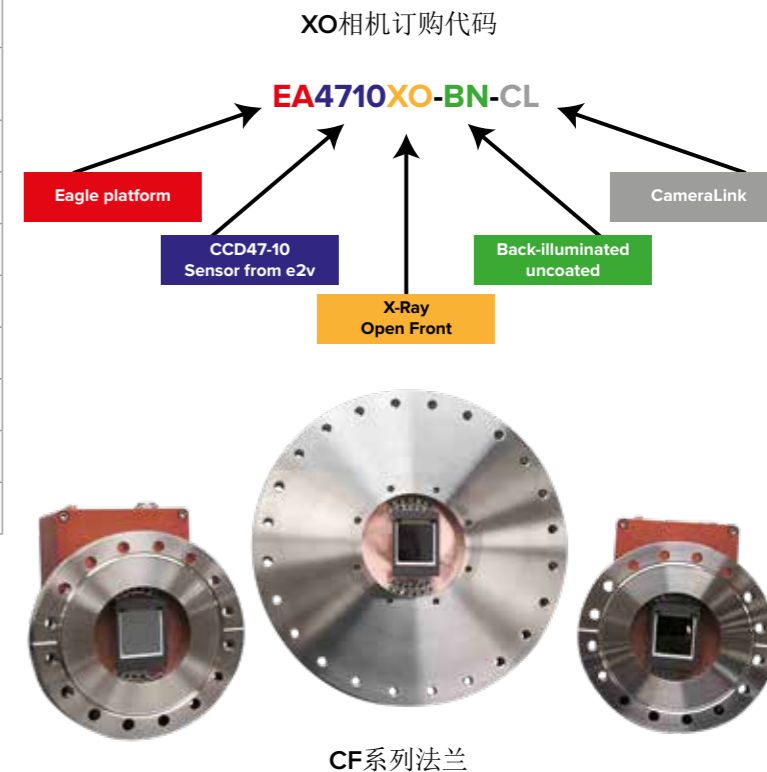
Eagle XV订购信息

基本选型要求	
相机主机 *参考分辨率选项	EA_XX_XV_XX-CL
电源适配器	EAXV-PSU
供电模块	EA-BRK-85W
供电馈通	RPL-PFC
CameraLink馈通	RPL-CLFC
额外配件	
水冷馈通	RPL-WFC
触发馈通	RPL-TFC
水冷单元	RPL-CHILLER
液体循环单元	RPL-RECIRC
CameraLink采集卡	RPL-EB1
CameraLink线缆	RPL-CL-CBL-2M
微型控制计算机	RPL-PC-EL1



Eagle XO订购信息

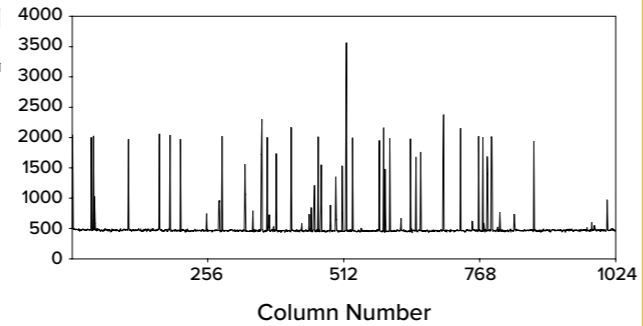
基本选型要求	
相机主机 *参考分辨率选项	EA_XX_XO_XX-CL
电源适配器	EAXV-PSU
供电模块	EA-BRK-85W
额外配件	
水冷单元	RPL-CHILLER
液体循环单元	RPL-RECIRC
CameraLink采集卡	RPL-EB1
CameraLink线缆	RPL-CL-CBL-2M
微型控制计算机	RPL-PC-EL1



应用 / 案例分析

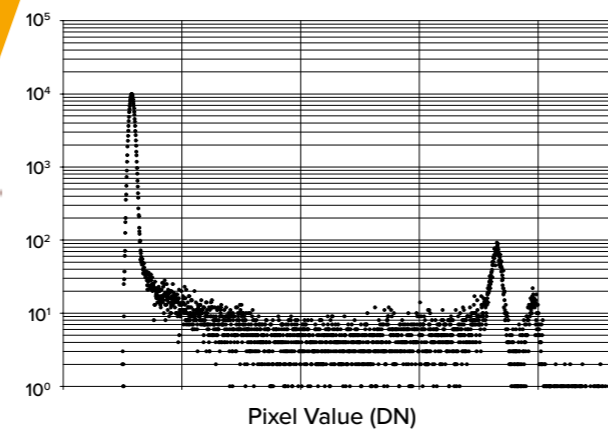
X射线衍射 X射线荧光 (XRD/XRF) – Toucan OEM

Raptor为一家全球性的OEM公司设计了一种定制型相机解决方案，用于其在XRD/XRF领域的设备。用户可以对矿业、石化业、快速化学品检测和制药行业中的主要、次要以及微量组分进行全面的化学物检测。使用专门研发的直接探测X射线CCD相机，可以同时收集X射线衍射和X射线荧光的光子数据。解决方案基于Toucan光谱仪平台，使用-40°C制冷的CCD30-11探测器。相机包括一个完整的铍窗口用来屏蔽可见光。



高能电子探测

某个国家重点实验室委托Raptor设计了一款以百万像素背感光CCD传感器（CCD-4210）来直接探测14keV电子形成的图像分辨率测试图。Eagle XO带有CF法兰，同时具备2048x512的高分辨率，满足了客户的实验需求。



远程真空直接探测

一家欧洲的国家重点实验室委托Raptor设计并制造了一系列非制冷真空相机，这些相机通过200米的光纤连接，来避免真空探测中的电气干扰。



高能真空直接探测

Raptor为国家重点实验室设计制造了100万和400万像素的深度制冷真空相机，用来支持一系列基础物理和先进应用研究。



其它的X射线解决方案

铍窗口

Raptor提供一系列铍(Be)窗口选项



定制接口

Raptor可以提供以下几种接口类型:

- CameraLink
- Fibre Optic Comms
- GigE
- USB2/3



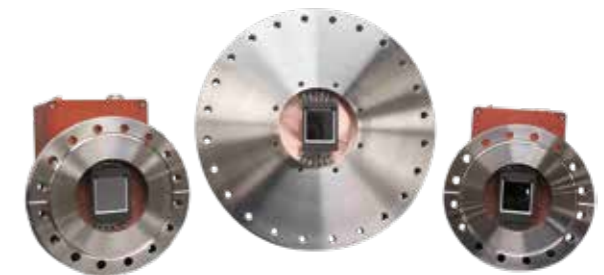
X射线间接探测

Raptor提供荧光粉(Gadox)、CsI(Th)和闪烁器



X射线直接探测

Raptor提供一系列定制选项为直接探测或间接探测。



关于我们

Raptor 开发、生产和销售一系列高质量的CCD、EMCCD和InGaAs相机，针对全球科学和监控成像市场，特别是OEM和仪器制造商。我们为世界各地的OEM厂商和国家实验室设计和构建一系列定制解决方案。结合先进的材料科学与最新的传感器技术，我们提供了高性能的相机设计，无与伦比的性能及可靠性。

整体解决方案

Raptor可以提供一整套“即插即用”的解决方案，包括相机，镜头，光纤，法兰，线缆，采集卡，软件，笔记本电脑/PC都可以放在一个坚固的Pelicase箱子里，便于携带及运输。

客户支持

了解您的仪器需求，产品线路图和商业模式，有助于我们能够为您提供最佳的相机解决方案。

欢迎致电我公司，我们将竭诚为您服务。



北京Office

电话: +86(10)85886885

传真: +86(10)87690907

邮箱: info@starlight-tech.com

网址: www.starlight-tech.com

上海Office

电话: +86(21)56079729

传真: +86(21)56079729

邮箱: info@starlight-tech.com

网址: www.starlight-tech.com