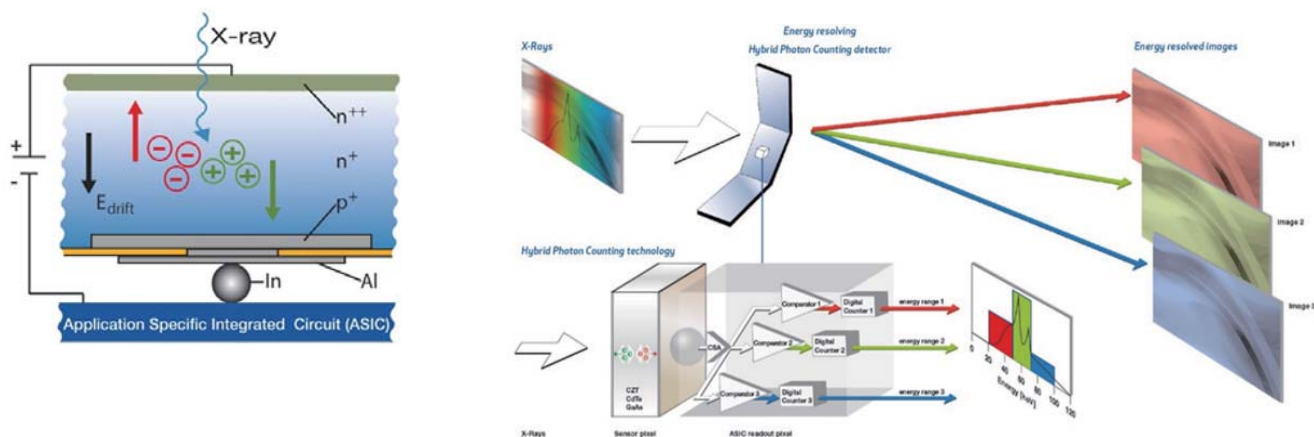


2.1.8 Dectris 高能 X-Ray 相机

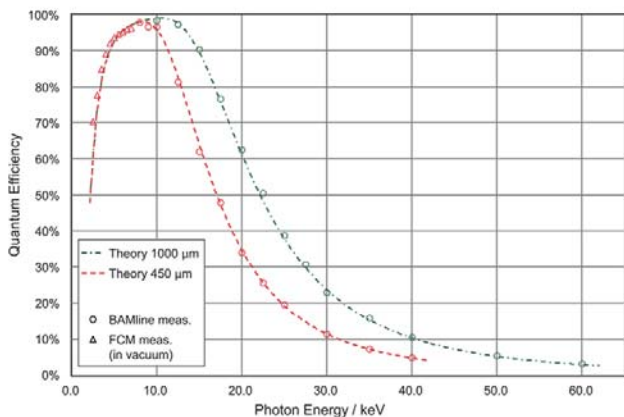
总部位于瑞士的 DECTRIS 一直致力于开发和生产高质量、高性能的混合光子计数 (HPC) x 射线探测器，是全球领先的高性能 x 射线探测器的生产厂家，特别是在同步辐射以及实验室检查领域占据绝对领导地位，并在新的市场，如医疗，电子显微镜，x 射线检查等进步明显。比如凭借在医用 x 光系统的性能和精度方面取得的飞跃。通过双能量和光谱成像，DECTRIS 是唯一一家为研究人员提供几何精度、灵敏度和光谱保真度最高的高质量彩色图像的 x 射线探测器供应商。

Dectris 产品主要使用的是混合单光子计数技术 (Hybrid Photon Counting (HPC))，这种技术的优势非常明显：

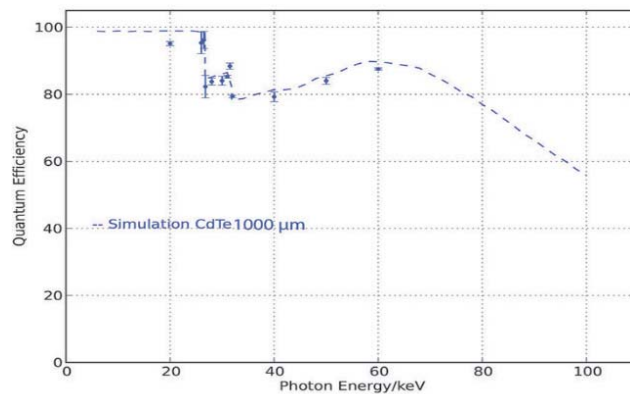
- 高能 X-RAY 直接探测：直接检测 X-Ray 是 HPC 的关键技术之一。它是通过将 x 射线光子直接转换成电荷来实现的，转换发生在混合像素的传感器像素组件中。在传感器像素中，x 射线光子的吸收导致电子 - 空穴对的产生，电荷与 x 射线能量成正比。电荷通过电场被捕并处理。直接探测由于没有经过其他闪烁体等的转化，因而具有非凡的高灵敏度和量子效率，并使得空间分辨率最大化
- 无噪音干扰：真正的单光子计数，保障无读出噪声，无暗电流，以获得非凡的信噪比
- 光谱 X-RAY 成像：最新技术可以使得每像素 4 个计数器，可以同时获取 4 个能带图像
- 高计数率及线性度：采用独特的即时触发专利单光子计数方法
- 高帧速：采用 ASCI 的并行读出系统，获得超过 1KHz 的高分辨高速成像。



Dectris 主要提供两种材料的直接探测芯片：Si 和 CdTe，根据厚度不同，可以覆盖从 1keV-100keV 宽的 X-RAY 能量范围



Photon energy	Si 450 μm	Si 1000 μm
5.4 keV (Cr)	94%	> 80%
8.0 keV (Cu)	98%	96%
12.4 keV (1Å)	84%	97%
17.5 keV (Mo)	47%	76%
22.2 keV (Ag)	27%	50%



Photon energy	CdTe 1000 μm
20.0 keV	> 90%
40.0 keV	81%
60.0 keV	90%
80.0 keV	77%
100.0 keV	56%

同步辐射应用：



主要同步辐射应用方向：

- 大分子晶体学 (MX)
- 化学晶体学
- 单晶衍射 (SCD)
- 小角度和广角 x 射线散射 SAXS/WAXS
- x 射线粉末衍射 (XRPD)
- 表面衍射
- 相关衍射
- 能谱探测
- 时间分辨实验

近 10 年来，混合光子计数 (HPC) 探测器已经改变了同步加速器的测量方法和数据收集策略。由于没有读出噪声和极高的光子通量能力，极大的提高了信噪比。此外，衍射图样可以以每秒几千次的速度记录下来，这使得时间分辨的研究和大体积样本（相对于光束直径）的扫描成为可能。

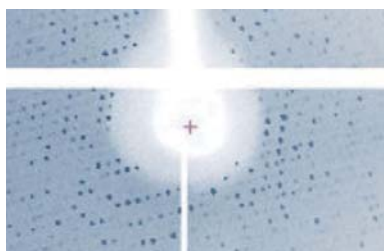
HPC 探测器系统基本上免维护的，在室温操作下提供良好的数据，不需要辅助设备。DECTRIS 系统的高性能和简单的操作已经使基于同步加速器的 x 射线检测发生了革命性的变化，Dectris 专门针对同步辐射的应用开发了一系列的探测器，包括 EIGER X, EIGER2X, PILATUS3 X, PILATUS3X_CdTe, PILATUS3 S 系列等；

主要特点：

- 直接单光子计数模式探测 X-RAY
- 计数速率高达 10Mcts/s/pixel
- 无读出噪声
- 无暗电流
- 高达 20-32bit 以上计数器
- 室温操作
- 高帧频：>500Hz 以上

	EIGER X	EIGER2-X	MYTHEN2 X	PILATUS3 X	PILATUS3X_CdTe	PILATUS3 S
像素规格	500K,1M,4M,9M,16M		1K,1D	100k,200k,300k,1M,2M,6M	300K,1M,2M	1M,2M,6M
探测面范围	最小：77.2*38.6 mm ² 最大：311.2*327.8 mm ²		32mm*4mm 64mm*8mm	83.8 x 33.5 423.6 x 434.6	253.7 x 33.5 253.7 x 288.8	168.7 x 179 423.6 x 434.6
像素阵列 (像素大小)	1030*514— 4150*4371 (75um*75um)		1k: 1280*1 1D: 640*1 (50um*8mm(4mm))	487 x 195 2463 x 2527 (172*172um)	1475 x 195 1475 x 1679 (172*172um)	981 x 1043 2463 x 2527 (172*172um)
帧速 Hz	133-9000	133-2000	1000	100-500Hz	500HZ	25Hz
芯片厚度	450um	450um	320,450,1000	450um(1000um)	1000	450um(1000um)
能量范围	2.8-18KeV	6.0-40KeV	4-40KeV	2.7-18KeV	8-100KeV	2.7-18KeV
最大计数率 phts/s/mm ²	5 * 10 ⁸	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁶
AD 阱深	16&32bit		24bit	20bit	20bit	20bit
能量鉴别器	1	2	1	1	1	1

实验室应用



DECTRIS 混合光子计数 (HPC) 探测器是目前世界上最先进的同步辐射束线 x 射线探测器。这种领先的技术也可用于实验室应用，以获得尽可能高的数据质量。

HPC 技术的主要优点之一——没有读出噪声和暗电流——在使用小型源收集数据时特别有价值。即使是实验室里最亮的 x 射线源也比同步加速器弱得多，从而导致信号更弱，需要更长的曝光时间。消除暗电流和读出噪声使探测器能够达到无与伦比的信噪比，并优于其他实验室检测器技术。与基于闪烁体的探测器相比，HPC 的直接检测可以产生更清晰、分辨率更高的信号，从而可以充分利用聚焦良好的光束，得到更好的 x 射线图像。

同时，DECTRIS 高性能检测器具有最高的计数率和最佳的计数率线性，即使使用最明亮的实验室光源和强衍射的样品，同样也能获得更准确的数据。

主要应用方向

X-ray 衍射

- 高能 x 射线衍射
- x 射线衍射显微层析
- x 射线粉末衍射与配对分布功能分析
- 高压 / 高温 x 射线衍射
- 非弹性 x 射线散射
- x 射线漫散射
- 时间分辨 / 现场实验

X-ray 成像

- x 光投影成像 (放射学)
- x 光电断层扫描 (CT)
- 小型动物 / 临床前电脑断层摄影
- x 射线相衬成像
- 无损检测 (NDT) 和安检

	EIGER R	EIGER2-R	MYTHEN2 R	PILATUS3 R	PILATUS3R_CdTe	PILATUS3 R
像素规格	1M,4M(500k)		1K,1D	100k,200k,300k 300k-W,1M	300K,300k-W,1M	1M,2M,6M
探测面范围	最小: 77.2*79.9 mm ² 最大: 155.2*162.5 mm ²		32mm*4mm 64mm*8mm	83.8 x 33.5 168.7-179.4	83.8*106.5 253.7 x 33.5 168.7*179.4	168.7 x 179 423.6 x 434.6
像素阵列 (像素大小)	1030*1065— 2070*2167 (75um*75um)		1k: 1280*1 1D: 640*1 (50um*8mm(4mm))	487 x 195 981*1043 (172*172um)	487*619 1475 x 195 1475 x 1679 (172*172um)	981 x 1043 2463 x 2527 (172*172um)
帧速 Hz	5-10	/	25	5-20Hz	5-20HZ	25Hz
芯片厚度	450um	450um	320,450,1000	450um(1000um)	1000um	450um(1000um)
能量范围	2.8-18KeV	3.5-30KeV	4-40KeV	2.7-18KeV	8-100KeV	2.7-18KeV
最大计数率 phts/ s/mm ²	5 *10 ⁸	3*10 ⁸	10 ⁷	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁶
AD 阱深	32bit		24bit	20bit	20bit	20bit
能量鉴别器	1	2	1	1	1	1

DECTRIS 产品用于透射电子显微镜 (TEM)



Pixel size 像素尺寸 [μm^2]	75*75
像素阵列:	514*514
有效面积 [mm^2]	38.6 x 38.6
能量范围 [kV]	30 - 300
控制线范围 [kV]	10 - 80
最大帧速, ROI [Hz]	18,000
最大帧速, 全幅 [Hz]	2,250 (16bit), 4,500(8bit)
探测材料	Si or CdTe
数据格式	HDF5
制冷	水, 20 ° C
探测量子效率	99%@100kv, 96@200kv
探测器尺寸 (WHD) [mm3]	200 x 350 x 200

DECTRIS QUADRO, 是一种直接电子探测器, 进一步推动电子检测的极限。配合新的专用集成电路 ASIC (Application Specific Integrated Circuit), 提供高达 18kHz 的读出速度和计数率高达 1000 万电子 /pix/ 秒, 加上专利的即时触发技术支持。适用于要求卓越性能而又不妥协的材料科学应用领域。

典型特征

- 直接电子检测
- ROI 区域读出
- 帧频最高达 18000 帧 / 秒
- 无死时间
- 无噪声电子计数
- 电子计数率高达 107 / 像素 / 秒
- 理想的低能量 DQE

典型应用:

- 电子衍射
- 4D-STEM
- 应变映射
- 洛伦兹显微成像
- Ptychograph
- 原位 TEM
- 动态 TEM
- LEEM/PEEM

X-Ray 探测无极限 --- 多样化客户定制方案

Dectris 拥有强大的技术团队以及无与伦比的专利技术, 可以为客户量身定制 X-RAY 探测方案, 全部方案都可以基于 HPC 技术的 PILATUS3 和 EIGER 模组 或 MYTHEN 条形探测器。

关键技术特点:

- 探测器可工作在真空或氮气氛围中, 无空气散射或吸收;
- 具有无窗检测模式, 提供最高可能的数据质量
- 软 X-RAY 范围内特殊底能量校准
- 探测阵面尺寸客户自定义匹配特殊需求
- 针对能谱以及能谱成像的特殊能量校准

特殊方案举例:

案例 1: 长波 PX 系统

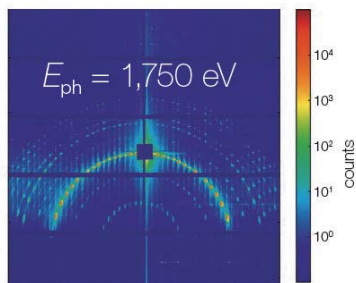
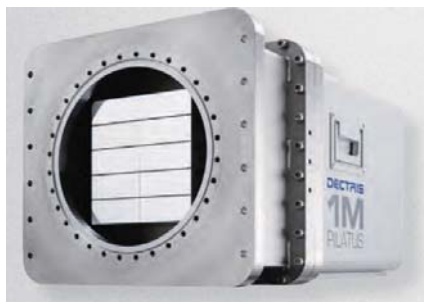


长期以来, 利用长波长进行反常相位的方法一直受到强空气吸收和大散射角的阻碍。DECTRIS 与钻石光源 (DLS) I23 团队紧密合作, 打造的 PILATUS 12M specific c 解决方案有效地克服了这些限制。将样品和检测器置于真空中, 消除了空气的吸收和散射。

半圆柱形状检测器覆盖了 $\pm 100^\circ$ 的 2θ 范围和可以同时收集高低分辨率的数据。

该 12M-DLS 探测器是一种客户专用的解决方案, 可满足 DLS 光源国内实验的所有要求。它由 120 个 PILATUS 检测器模块组成, 安装在一个高精度的框架上, 形成一个半圆的形状。该探测器的有效面积为 0.34 平方米, 是迄今为止建造的最大的 PILATUS 探测器。该探测器可以探测能量为 2.3 keV 的 x 射线, 其真空兼容压力为 10^{-6} mbar。

案例 2: 真空 SAXS 探测器



Dectris 与柏林的 PTB 合作开发了一种真空适用的 PILATUS1M 探测器。

探测器直接接到真空腔室上, 无探测窗口。探测器 2012 年 6 月在 BESSY II 被安装于 PTB 的一台四晶体单色仪的光路上, 用于小角度无背景 X-RAY 散射 (SAXS), 实验中可探测光子能量下限为 1.75keV.

案例 3: L 型真空 WAXS 探测器



PILATUS3 2M-DLS-L 设计用于收集 WAXS 信号, 同步在 DLS (Diamond Light Source) I22 光束源上同时进行了 SAXS、WAXS 测量。此探测器基于 PILATUS3 2M 平台, 提供了一个由 21 个 PIATUS3 模组组成的 L 型的探测面。L 形是通过在 8×3 的矩形阵列的一个角落中省略三个检测器模块来实现的。主光束和小角度散射信号可以直接通过直接连接在探测器背面的疏散飞行管, 另一个 PILATUS3 2M 则探测在飞行管末端下游的 SAXS 信号。

这种独特的设计产生了最佳的角度覆盖, 并允许 WAXS 探测器放在在真空室, 省去了探测窗口。

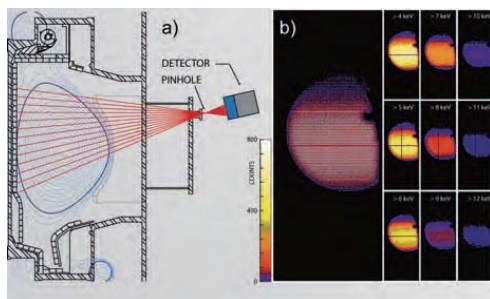
案例 4: 真空 x 射线等离子体光谱探测器



此 PILATUS 900K-IPP 是为中国合肥的等离子体物理研究所而设计的! 此探测器是由 9 个 PILATUS 模组组成, 安装于一台新型的 X-RAY 影像晶体谱仪 (XICS) 上, 此谱仪用于在探测 EAST Tokamak 装置上 X-RAY 能谱范围从 3.1Kev (Ar 特征发射) 到 13Kev (Kr 特征发射)。

最快读出时间为 0.95ms, 最高帧频 500Hz, PILATUS3 很好的提供了实时实验数据!

案例 5: 像素级的 X 射线能谱成像校准



基于 PILATUS 100K 的光谱 X 射线成像相机是为普林斯顿等离子体物理实验室 (PPPL) 设计, 用于完成同时成像强度不同的等离子体发射谱线的比较。

DECTRIS 协助 PPPL 建立了一个特殊的能量校准模式, 在 3×3 的模组里的每个像素可以设置为不同的能量阈值, 如图所示! 在 4keV 到 12keV 能量范围之间, 能量阈值间隔 1keV。用此方法, 通过结合成像和能量分辨率可以区分不同元素的发射。

“我们与 DECTRIS 的合作使热托卡马克和星状等离子体的高分辨率 x 射线光谱得到显著改善。

由于在我们的 x 射线成像晶体光谱仪中安装使用了 DECTRIS 公司无噪音的单光子计数探测器, 我们现在能够以比以前更高的时间和空间分辨率对离子温度和等离子体流速剖面进行多普勒测量” Manfred Bitter, 普林斯顿等离子体物理实验室, 普林斯顿 (美国)