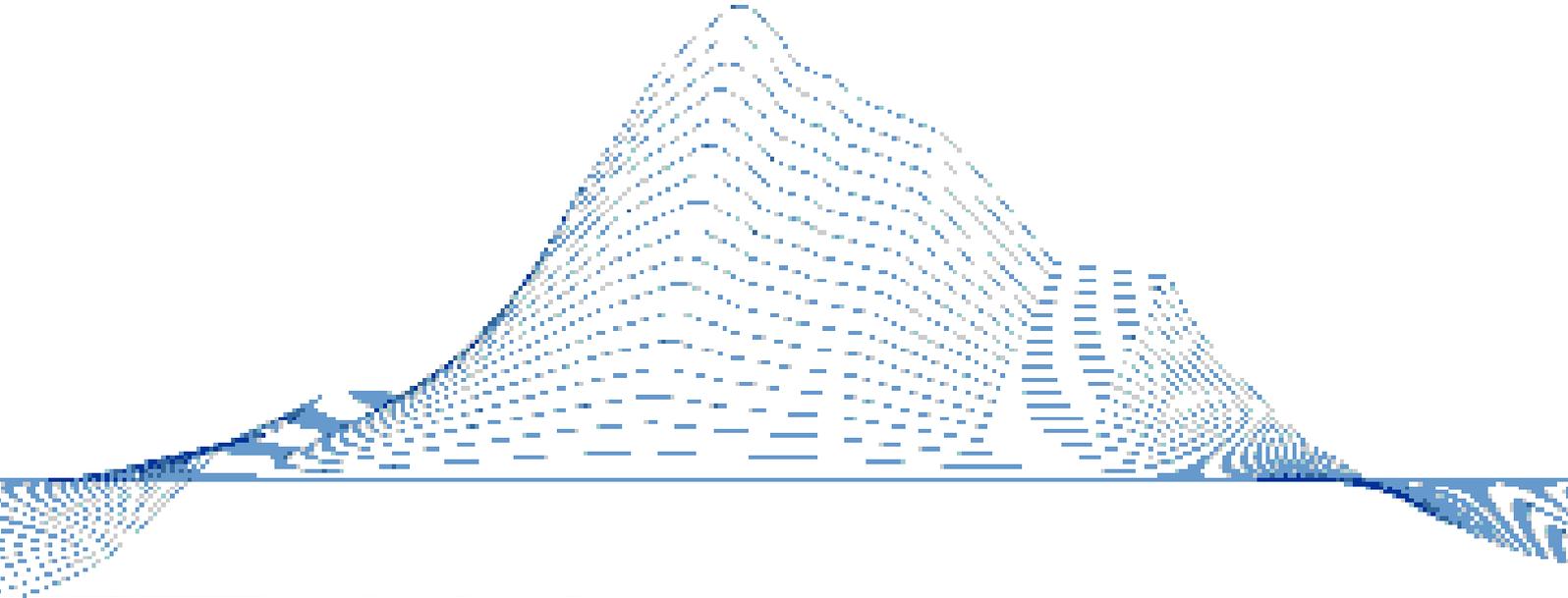


DECTRIS
detecting the future



EIGER2 R CdTe

混合光子计数 X 射线探测器



目录

EIGER2 R

EIGER2 R CdTe

混合光子计数技术

EIGER2 R 与 EIGER2 R CdTe

EIGER2 是 DECTRIS 新一代的混合光子计数 (HPC) X 射线探测器产品系列。HPC 技术的关键特性之一是通过固态传感器直接将 X 射线转换成电信号, 从而获得高灵敏度和高分辨率的信号。

最近推出的 EIGER2 R 探测器系列采用了硅传感器, 可实现实验室中对 Ga、Cu 或更长波长 X 射线源的理想探测。

新型 EIGER2 R CdTe 系列探测器配有碲化镉感光器件, 与配置硅传感器的 EIGER2 系列相比, 对 Cu 和 Ga 的特征能量有着相似的探测性能。由于采用了高 Z 传感器材料, 其与 EIGER2 R 或其它配备硅传感器的 HPC 探测器相比, 在探测高能辐射时, 量子效率、灵敏度和采集速度都有极大的提高。使用高能量实验室 X 射线源或需要双能量设置时, EIGER2 R CdTe 是上佳选择。



EIGER2 R: 您实验室的新一代混合光子探测技术

EIGER2 R 集合了所有混合光子计数探测器的先进技术。小尺寸像素与直接探测相结合，提高了空间分辨率和角度分辨率，可以在倒易空间内进行精细的样品测量。优越的计数率性能确保精确测量高强度 X 射线。利用该探测器系列的巨大动态范围，在零死时间同步读/写的状态下可进行长时间曝光。双能量识别有助于微弱信号和长时间曝光下的深度背景抑制和信噪比的改善。由于具备可选择的真空兼容性，空气和窗口所产生的吸收和散射得以减弱。我们提供三种不同的型号满足您的需求。EIGER2R 集合了所有混合光子计数探测器的先进技术。小尺寸像素与直接探测相结合，提高了空间分辨率和角度分辨率，可以在倒易空间内进行精细的样品测量。优越的计数率性能确保精确测量高强度 X 射线。利用该探测器系列的巨大动态范围，在零死时间同步读/写的状态下可进行长时间曝光。双能量识别有助于微弱信号和长时间曝光下的深度背景抑制和改善信噪比。由于具备可选择的真空兼容性，空气和窗口所产生的吸收和散射得以减弱。我们提供三种不同的型号满足您的需求。

核心优势

- 由于零背景噪音和同时读写，所以具有很高的动态范围
- 小尺寸像素与X射线直接探测相结合，提高了空间分辨率和角度分辨率
- 双能识别有助于抑制低能量和高能量的背景
- DECTRIS 的即时再触发，可实现几乎线性的响应，而不受动态范围的限制

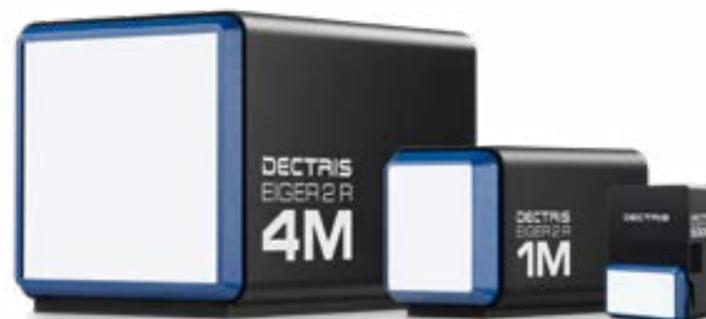
应用领域

- 大分子晶体学(MX)
- 化学晶体学
- 小角X射线散射和广角X射线散射(SAXS/WAXS)
- 粉末衍射 (PXRD)
- X射线反射 (XRR)

技术规格

EIGER2R	500K	1M	4M
探测器模块数量	1	1 × 2	2 × 4
有效面积: 宽×高[mm ²]	77.3 × 38.6	77.1 × 79.7	155.1 × 162.2
像素大小[μm ²]	75 × 75		
点扩散函数[pixel]	1 pixel (FWHM)		
能量阈值数量	2		
阈值范围 (KeV)	4 - 11	3.5 - 30	3.5 - 30
计数率 (cps/mm ²)	3.6 × 10 ⁸	6.9 × 10 ⁸	6.9 × 10 ⁸
计数器深度 (bit/threshold)	2 × 16		
采集模式	同步读/写,零死区时间		
图像位深度 (bit)	32		
可选真空兼容	yes		
冷却方式	Air-cooled	Water-cooled	Water-cooled
尺寸 (WHD) [mm ³]	100 × 140 × 93	114 × 133 × 240	235 × 237 × 372
重量 [kg]	1.8	4.7	15

所有规格如有更改，恕不另行通知。





EIGER2 R CdTe: 高能量 HPC 技术的全面优势

EIGER2R CdTe - X 射线探测器将混合光子计数 (HPC) 技术的新一代研发成果和碲化镉感光器件的高量子效率集合在一起。因此, 在使用高能量X射线源或需要双波长设置时, EIGER2 R CdTe - X 射线探测器便是您实验室的上佳选择。作为 DECTRIS 公司的专利技术即时触发技术带来了前所未有的高计数率能力, 以便更精确地测量实验室X射线源所能达到超高强度。EIGER2 R CdTe - X 射线探测器配有两个能量鉴别阈值, 与上一代相比, 具有更低的来自于环境背景的暗计数。这极大地提高了弱信号和长时间曝光的信噪比, 能够在更短的测量时间内提供更优质的数据质量。单光子计数与连续读/写数技术相结合, 克服了所有积分探测器容易饱和以及动态范围有限的问题。除此之外, 直接探测计数配合 75 μ m 的小像素尺寸使得探测器具有更高的空间和角度分辨率。

核心优势

由于零背景噪音和同步读写, 所以具有很高的动态范围

DECTRIS 的即时再触发技术可实现更高的计数率

双能识别有助于抑制低能量和高能量的背景
没有读出噪声或暗电流, 确保高信噪比

用于实现很高的动态范围和永不饱和图像的零背景噪音和同步读写功能

应用领域

大分子晶体学(MX)

化学晶体学

小角X射线散射和广角X射线散射(SAXS/WAXS)

μ CT

技术规格

EIGER2 R CdTe	500K	1M	4M
探测器模块数量	1	1 x 2	2 x 4
有效面积: 宽x高 [mm ²]	77.1 x 38.4	77.1 x 79.7	155.1 x 162.2
像素大小 [μ m ²]	75 x 75		
点扩散函数	1 pixel (FWHM)		
能量阈值数量	2		
光子能量 (KeV)	8 - 24.2	8 - 24.2	8 - 24.2
阈值范围 (KeV)	4 - 30	4 - 30	4 - 30
计数率 (cps/mm ²)	9.8 x 10 ⁸	9.8 x 10 ⁸	9.8 x 10 ⁸
计数器深度 (bit/threshold)	2 x 16		
采集模式	同步读/写, 零死区时间		
图像位深度 (bit)	32		
可选真空兼容	yes		
冷却方式	Water-cooled	Water-cooled	Water-cooled
尺寸 (WHD) [mm ³]	114 x 92 x 242	114 x 133 x 242	235 x 237 x 372
重量 [kg]	3.7	4.7	15

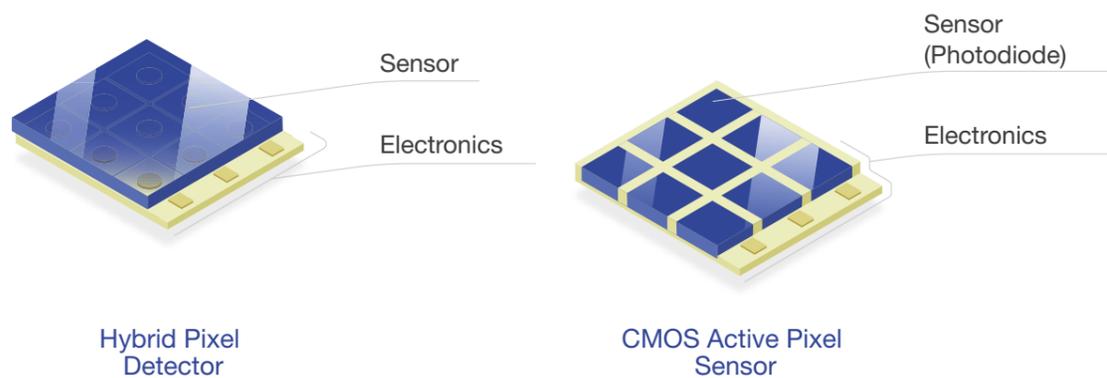
所有规格如有更改, 恕不另行通知。





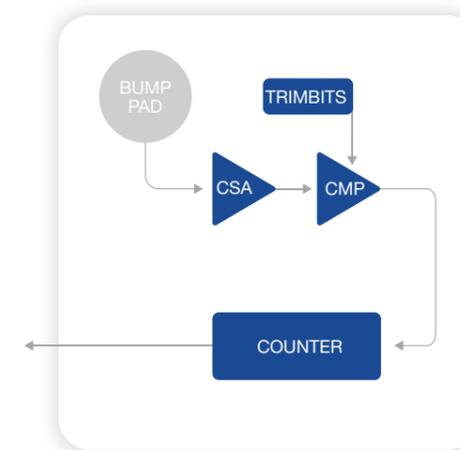
混合像素技术中的直接转换

本质上，混合光子计数（HPC）结合了单光子计数的方法以及混合像素技术。该技术可以直接将X射线转换为电荷。因为相较于间接检测而言它提供不少优势，所以该技术代表着目前X射线探测技术发展的前沿。在混合像素的传感器层中，通过吸收X射线而产生的电荷会被电场捕获，这些电荷沿着电场的方向快速运动，直到到达电子器件层，然后在这里被处理和计数。在这个过程中，损耗以及信号的扩散将被降到极低。所以混合像素探测器可以获得非常窄的点扩散函数和接近传感器本身吸收效率的量子效率。同时因为电信号不是在电子器件层，而是在覆盖整个像素面积的独立层中产生的，所以混合像素计数也可以避免使用电子器件层相当大的一部分作为光电二极管。这样一来，每个像素都可以配置上千个用来实现先进探测器特性的晶体管而不必减少用于信号探测的区域面积和降低量子效率。

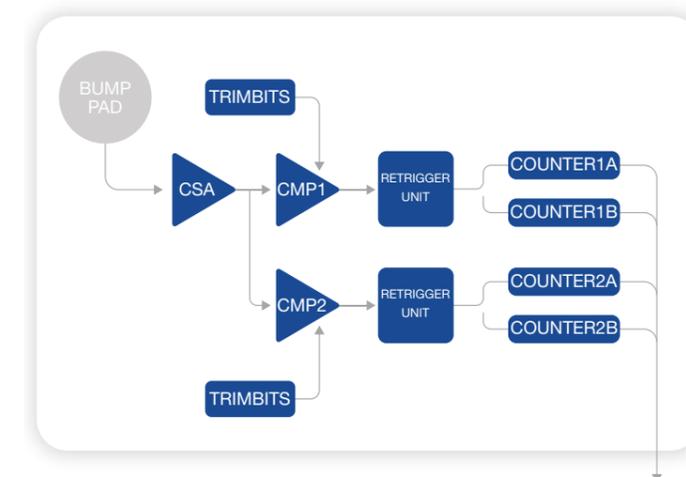


高端的混合光子计数芯片 (HPC)

EIGER2 以先进的HPC专用集成电路 (ASIC) 而著称,每块芯片都拥有超过 1.5 亿个晶体管。与 CPU 或 GPU 一样,更多的晶体管意味着更多的功能,这意味着 EIGER2 比前几代产品或其竞争产品更有优势。EIGER2 探测器的特色是,每个像素在每个电荷敏感放大器 (CSA) 都配备了,不是一个,而是两个能量鉴别器 (比较器)。这使得产品的高能量分辨成为可能,此外,单一鉴别器 (CMP) 的低能量分辨也是如此。每个鉴别器的再触发单元补充了快速的电荷敏感放大器 (CSA),并且进一步提高了计数率性能。这也使得 EIGER2 与新一代同步加速器的要求兼容,并为典型的实验室实验中可以实现的计数率提供了几乎线性的响应。同时,每个鉴别器都有两个数字计数器,可以同时利用双能量分辨和零死区时间的同步读/写功能。得益于零探测器背景、优秀的计数率和同步读取/写入功能的结合, EIGER2检测器的动态范围已经达到了 10 个数量级以上。



基本 HPC ASIC 中单个像素的示意图。

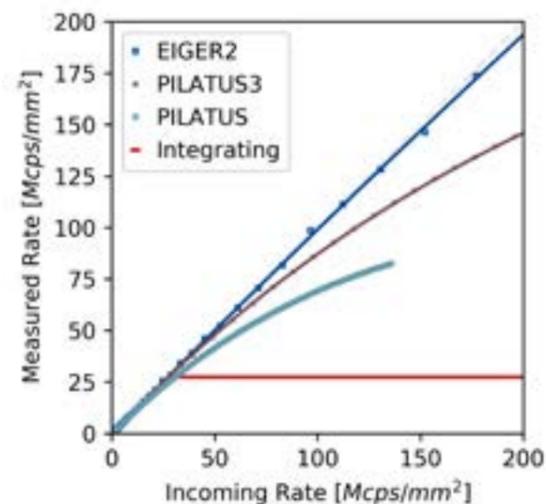


EIGER2 ASIC 中单个像素的示意图。



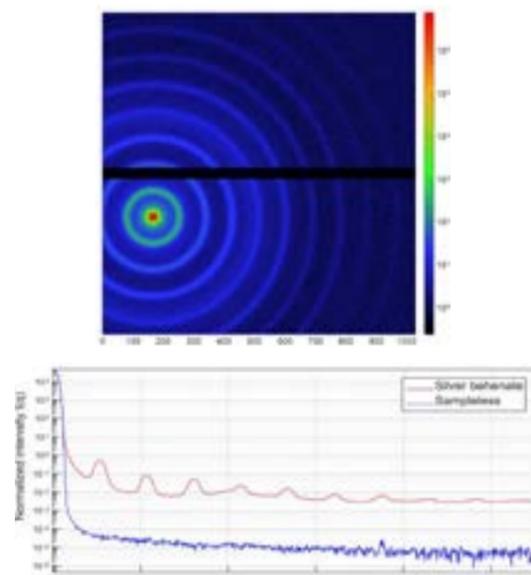
卓越的计数率性能

DECTRIS HPC 探测器的设计符合同步辐射光源的高计数率要求,但另一方面,即使是先进的实验室源,其通量和亮度也低于典型的同步加速器光束线。因此, EIGER2 R 探测器远远超过了任何实验室设置和实验的计数率要求。同时, EIGER2 R 克服了积分探测器典型的,即使是现在的型号也面临的,饱和度和有限的动态范围问题。EIGER2 R 凭借其超高的计数率性能,成为了高端的实验室的优先选择。它为高强度提供高精度,没有饱和问题,甚至允许测量直接光束。



高动态范围

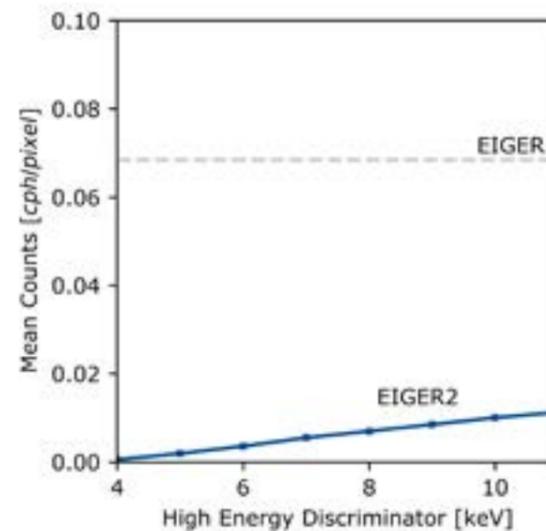
EIGER2 R 的零探测器背景、超高的计数速率和同步读取/写入提供了超高的动态范围。无论您是在测量强衍射和弱衍射以及漫散射,还是在面对具有挑战性的小角散射与广角散射(SAXS/WAXS)的测量中,都可以在单幅图像中准确判定最高和最低的强度值。



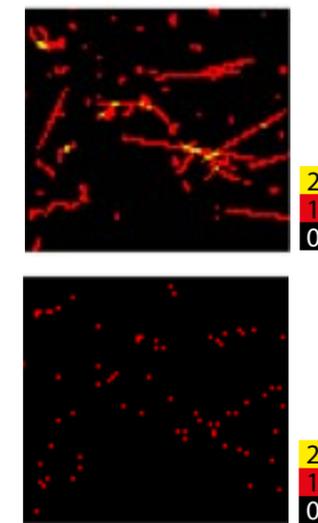
银苯酸酯(阿格布)的广角散射(WAXS)信号。顶部:在 Xenocs 的 Xeuss3.0 设备中的 EIGER2 R IM 读取的,在小角散射与广角散射(SAXS/WAXS)实验中的原始数据。底部: AgBH 信号的双图和负控制表明, EIGER2R 探测器的动态范围很容易覆盖弱散射样品所需的十多个数量级。

背景抑制

EIGER2 R 的双能识别有助于抑制低能量和高能量的背景。它通过对高能量和低能量的同时抑制达到效果。正如所有的光子检测仪能够做到的那样,单能量识别阈值能够抑制低能量背景。这一成果的巨大优势体现在,对于在 X 射线光谱中来自于样本或低能污染物的荧光信号的处理。然而,通过 EIGER2 中实现的第二能量识别阈值,也有可能实现抑制高能量的背景。宇宙辐射是高能背景的一个来源。而当使用长曝光时间去测量非常微弱的信号时,宇宙辐射会损害数据的质量。EIGER2 能够通过将宇宙辐射造成的高能背景减少 5 倍,从而确保更好的数据质量。如果 X 射线束中存在高能污染物,例如高阶谐波,在这种情况下,双能识别就变得尤其关键。EIGER2 R 无探测器本底噪音,同时又具有广泛的双能识别在实验背景下的抑制能力,对于解决如何在检测弱强度信号保持高精度问题,它将会是您实现对弱信号的高精度测量的优先选择。



1 小时黑暗图像中每个像素的背景计数。灰色虚线: EIGER 的暗计数,单能量鉴别器设置为4千伏。蓝色实线: EIGER2 R 的暗计数,低能量鉴别器设置为 4 千伏,也作为高能鉴别器的设置函数。

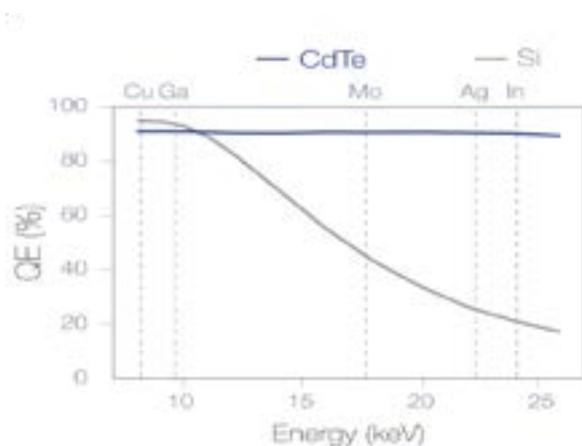


通过 EIGER2 R 探测器在 1 小时暗曝光中获得的相同区域。顶部: 用 4 keV 的低能量鉴别器获得的计数。底部: 用 10 keV 的高能量鉴别器获得的计数与用 4 keV 的低能量鉴别器获得的计数之差。



高量子效率

借助直接探测技术,可以达到接近传感器材料吸收效率的高量子效率。高量子效率能够让您在更短时间内获取更高质量的数据。在铜到铟之间的任意波长范围内, EIGER2 R CdTe 提供的量子效率高达90%以上。由于碲化镉相较于硅具有更高的效率,短波长的测量时间可以减少2到4倍。EIGER2 R CdTe探测器在铜和镓辐射上的表现也与其基于硅材料的同类产品相近。选择 EIGER2 R CdTe,您可以在高能源上达到极短的测量时间,并且可以选择双波长模式进行测量。配备硅传感器的 EIGER2 R 探测器在铜和镓的辐射上的量子效率可以达到94%。在采用此种实验源的情况下,他们将是一对完美的组合。在较短波长下,此种传感器材料的量子效率的损失可以通过提高曝光时间得到显著弥补。得益于零传感器背景,以及混合光子计数技术的背景抑制特性,且混合光子计数技术具有背景抑制特性,这种策略可以获得极好的数据质量,并能够应对高能X射线源。

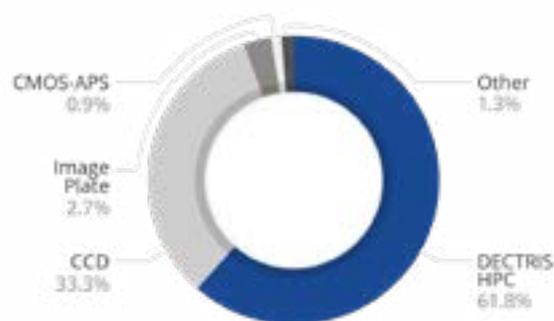


EIGER2 R CdTe (蓝色) 和 EIGER2 R (灰色) 与硅传感器的量子效率 (QE)。

DECTRIS HPC:全球著名的的探测器技术

在同步加速器和实验室中,越来越多的X射线间接检测探测器,例如 CCD 和影像板等,正被混合像素技术取代。早在2009年,间接检测的 CMOS 主动像素探测器便在蛋白质晶体学上得到初次应用[1],但这一技术现在并不能够为蛋白质结构测定领域提供实质性贡献。在2019年1月到11月期间,蛋白质结构数据库 (Protein Data Bank,PDB) 中新增加的蛋白质结构数据有60%都是由 DECTRIS HPC 探测器获取的。直接探测和单光子计数技术的优势是 DECTRIS HPC 技术成功的关键所在。在 EIGER2 R 的协助下,蛋白质晶体学领域高端的探测器技术正变得愈发完善。

[1] K. Hasegawa et al., "Development of a shutterless continuous rotation method using an X-ray CMOS detector for protein crystallography," Journal of Applied Crystallography, vol. 42, no. 6, pp. 1165–1175, Dec. 2009.



PDB 2019 年发布的 X 射线探测器技术