

ORCA[®]-Quest2

qCMOS[®] 相机 C15550-22UP



光子数分辨

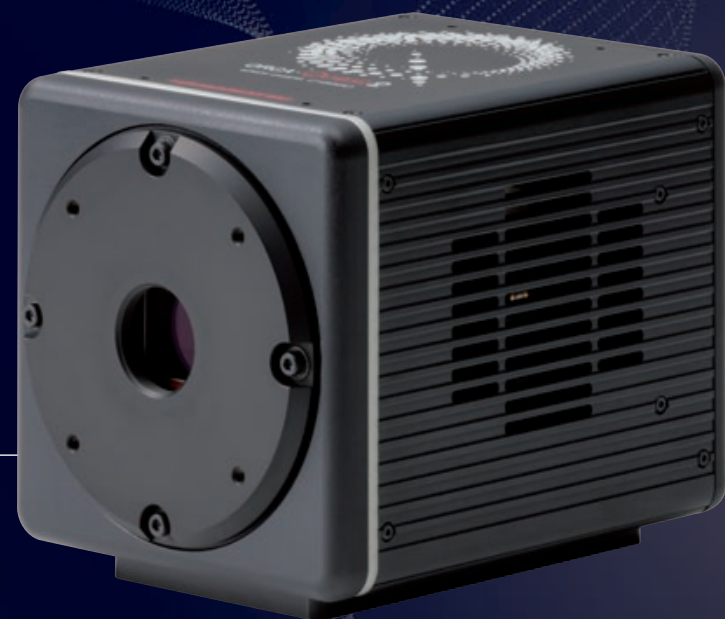
实现终极 定量成像。

自20世纪80年代以来，滨松光子学株式会社一直利用其独特的相机设计技术开发高灵敏度、低噪声相机，并始终为前沿科学和技术研究的发展做出贡献。

凭借40多年的研发经验，滨松光子学株式会社于2021年隆重推出具有终极成像性能的ORCA-Quest相机。

全球首款qCMOS相机

ORCA-Quest



从单光子计数向光子数分辨演化

什么是qCMOS®?

qCMOS (定量CMOS) 是一种能够同时探测并识别单个光电子和多个光电子的CMOS图像传感器。
ORCA-Quest是全球首款采用qCMOS图像传感器的相机，可利用新开发的专用技术进行光电子数分辨。
(请参见第8页)

高灵敏度相机的 研发史

EM-CCD相机
C9100系列



EB-CCD相机
C7190系列



ICCD相机
C2400系列



PIAS
全球首款
光子计数相机



ORCA-Quest
系列

读出噪声
0.30个电子



sCMOS相机
C11440系列

读出噪声
1.5个电子



低噪声制冷
CCD相机
C4742系列

读出噪声
8个电子



高电平制冷
CCD相机
C3140、C3640

读出噪声
15个电子

低噪声型

随着传感器技术的进步，
科研相机沿着高速/
高分辨率的路径发展。

电子倍增型

随着电子倍增技术的进步，
科研相机从单光子计数向高QE/
高分辨率成像迈进。

21世纪20年代

21世纪10年代

21世纪00年代

20世纪90年代

20世纪80年代

qCMOS的演化仍在继续

ORCA-Quest 2



由ORCA-Quest
演化而来

低读出噪声和高速度

0.30 个电子RMS @ 25 帧/秒*
超静扫描

0.43 个电子RMS @ 120 帧/秒*
标准扫描

高分辨率

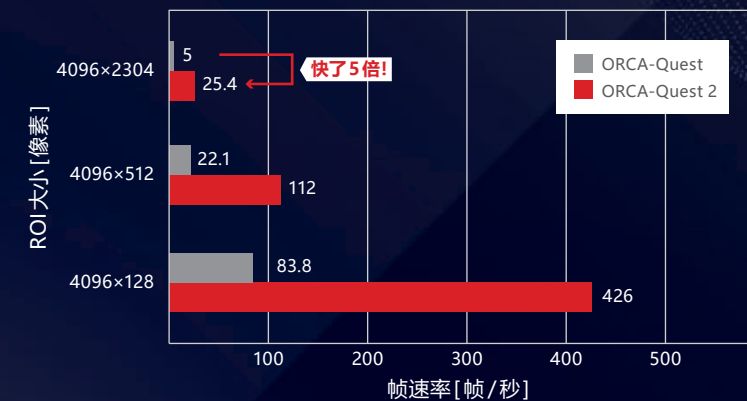
4096 × 2304
940 万像素

HIGH QE

50 % @300 nm
85 % @460 nm
30 % @900 nm

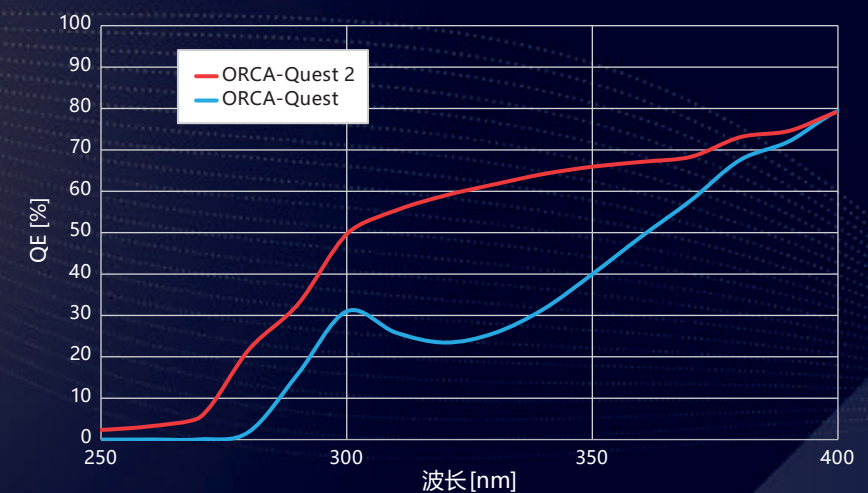
更快的超静扫描模式

ORCA-Quest 凭借超静扫描模式下的超低噪声特性，达到了实现光子数分辨的水平。然而，这种可用性对用户来说是有限的，因为只有当相机以每秒 5 帧（全分辨率）的速度运行时，才能获得超低噪声。ORCA-Quest 2 通过优化传感器运行，在保持类似的超低噪声特性的同时，将帧速提高了 5 倍，并具有类似的超低噪声特性。现在大多数用户都可以使用光子数分辨功能！



UV QE 提升

与大多数传统的科研相机相比，ORCA-Quest 在 280 nm-400 nm 紫外区域具有较高的量子效率 (QE)。受市场需求的启发，ORCA-Quest 2 通过优化传感器窗口的增透膜，实现了更高的 UV QE，而可见光和近红外波长范围保持不变。QE 的提升扩展了 ORCA-Quest 系列在俘获离子量子实验等多种用途中的通用性。



原始数据输出

该功能允许您应用任意算法来估算原始数字信号的光电子数量。

更快的边缘触发模式

新的边缘触发模式使您能够在卷帘快门读出时输入外部触发信号并开始曝光，从而获得更快的帧速。

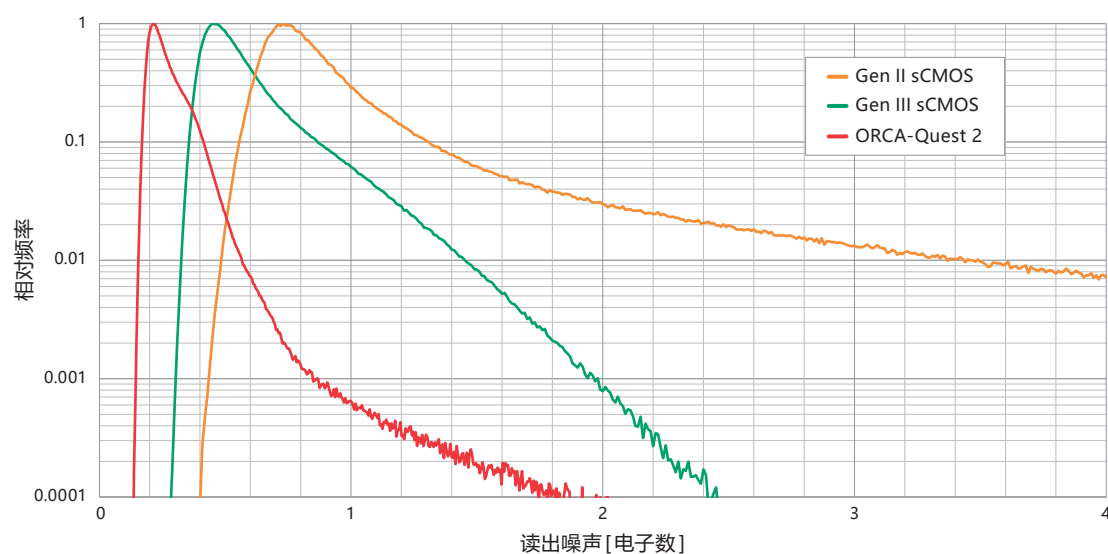
ORCA-Quest 2 实现 终极定量成像的 四大关键功能

1. 极低噪声性能
2. 实现光子数分辨 (PNR) 输出
3. 背照式结构和高分辨率
4. 实现大量像素和高速读出

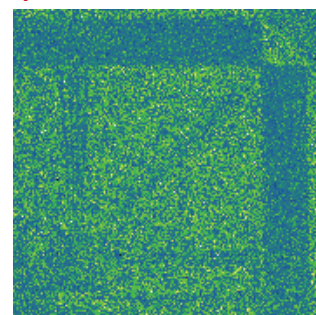
1. 极低噪声性能

■ 超静扫描模式下仅有0.30个电子的超低读出噪声

为了探测具有高信噪比的弱光，ORCA-Quest 2 针对传感器从结构到电子元件的各个方面进行了设计和优化。相机以及定制传感器的开发均采用最新的 CMOS 技术，实现了 0.30 电子的极低噪声性能。

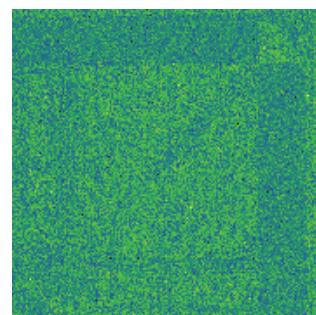


qCMOS (ORCA-Quest 2)

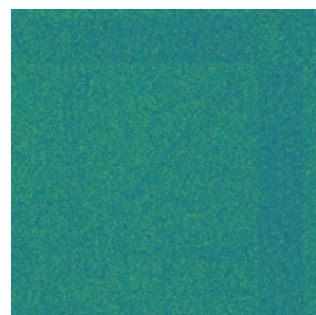


平均每像素 1 个光子的图像 (伪彩色) 比较
曝光时间: 200 毫秒 LUT: 最小值至最大值 比较面积: 512 像素 × 512 像素

Gen III sCMOS



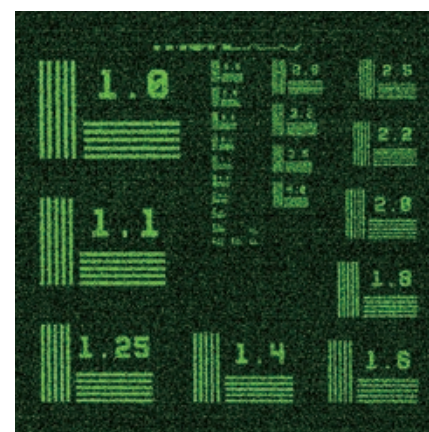
Gen II sCMOS



■ -35 °C 下仅有 0.006 个电子/像素/秒的低暗电流

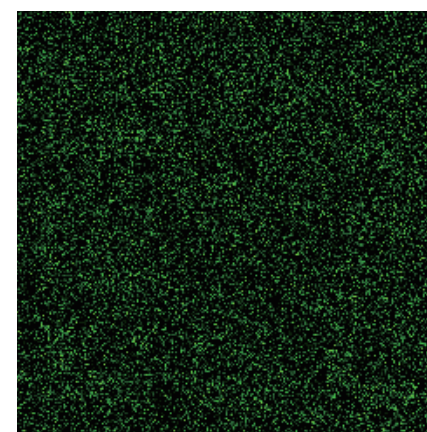
在单光子计数和光子数分辨领域，即使是低至 0.5 个电子/像素/秒的暗电流也可能影响光子探测。ORCA-Quest 2 实现的 -35 °C 下 0.006 个电子/像素/秒的暗电流是一个极低的概率值，即在曝光 1 秒时约 167 个像素仅生成 1 个电子的暗电流。因此，不易受暗电流影响的 ORCA-Quest 2 是定量成像和分析的理想之选。

ORCA-Quest 2



长时间曝光的图像质量比较 (伪彩色)
入射光强度: 0.05 光子/像素/秒 曝光时间: 15 分钟 (10 秒 × 90 次整合)

Gen II sCMOS 相机



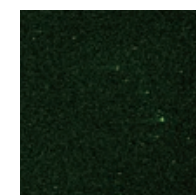
长时间曝光中的宇宙射线效应

在进行长时间曝光时，传统的 EM-CCD 相机容易受到宇宙射线的影响，进而产生白斑问题。ORCA-Quest 2 不易受宇宙射线影响，可抑制长时间曝光过程中白斑导致的图像质量劣化。

ORCA-Quest 2



EM-CCD 相机



长时间曝光的图像质量比较 (伪彩色)
无入射光 曝光时间: 30 分钟

ORCA-Quest 2 实现 终极定量成像的 四大关键功能

1. 极低噪声性能
2. 实现光子数分辨 (PNR) 输出
3. 背照式结构和高分辨率
4. 实现大量像素和高速读出

2. 实现光子数分辨 (PNR) 输出

通过低读出噪声实现光子数分辨

光是许多光子的集合。光子在传感器上转化为电子，这些电子被称为光电子。

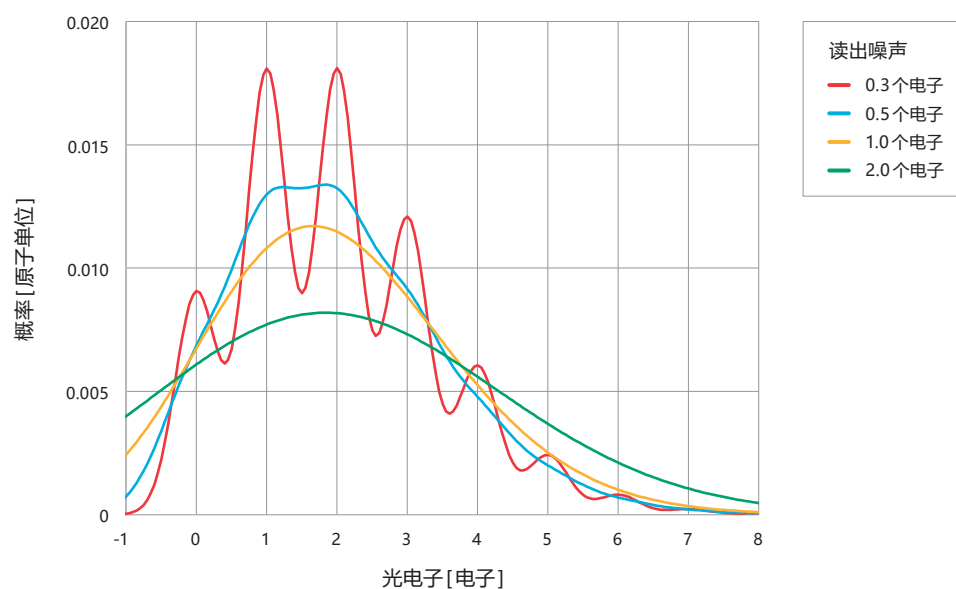
“光子数分辨”是一种通过对光电子计数来精确测量光的方法。*

为了对这些光电子进行计数，相机噪声必须足够小于光电子信号量。传统的 sCMOS 相机可实现较小的读出噪声，但仍大于光电子信号，因此难以进行光电子计数。

ORCA-Quest 2 采用先进的相机技术，可对光电子进行计数，并实现 0.30 个电子 rms（超静扫描模式下）的超低读出噪声、温度和时间稳定性、单个校准以及每个像素值的实时校正。

有关 qCMOS 图像传感器的更多信息，请参阅 ORCA-Quest 白皮书。

光电子概率分布的模拟数据（每个像素生成的光电子的平均数量：2 个电子）



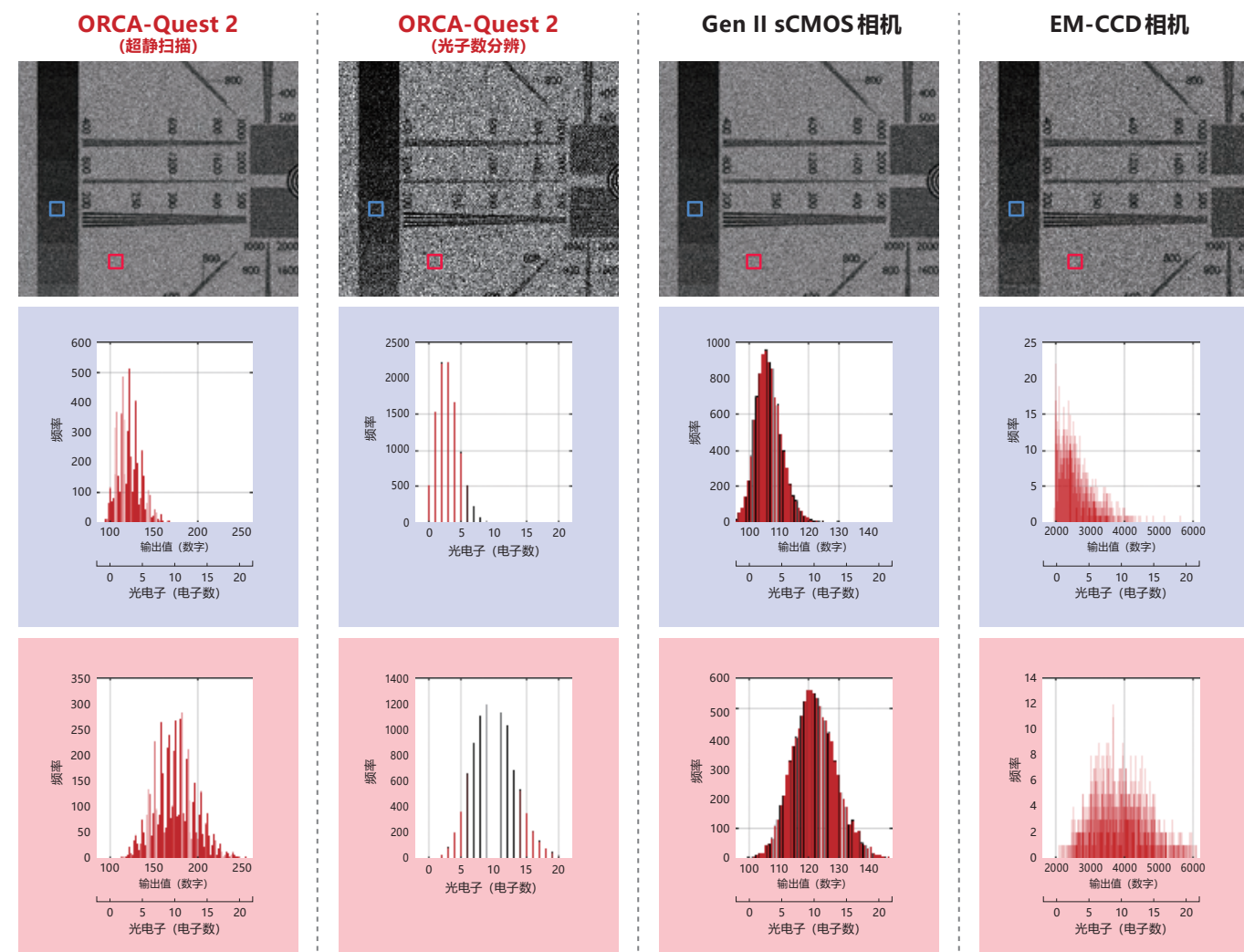
* 光子数分辨是独特的方法，与光子计数有很大不同（更精确地说，该方法解析光电子的数量。然而，由于单光子计数已取代单光电子计数用于该领域的可比较方法，因此我们在本宣传册中将使用术语“光子数分辨”）。

空间光子数分辨能力

下图显示了平均光电子数为每像素 3 个和 10 个电子时的模拟直方图。

EM-CCD 和 Gen II sCMOS 相机由于存在倍增噪声或较高的读出噪声，无法实现光子数分辨，而 ORCA-Quest 2 可同时实现时间光子数分辨和空间光子数分辨。

此外，这款相机的成像噪声符合泊松分布，对应每个像素的光电子平均数为 3 个和 10 个电子。



□ 每个像素生成的光电子的平均数量：3 个电子
□ 每个像素生成的光电子的平均数量：10 个电子

ORCA-Quest 2 实现 终极定量成像的 四大关键功能

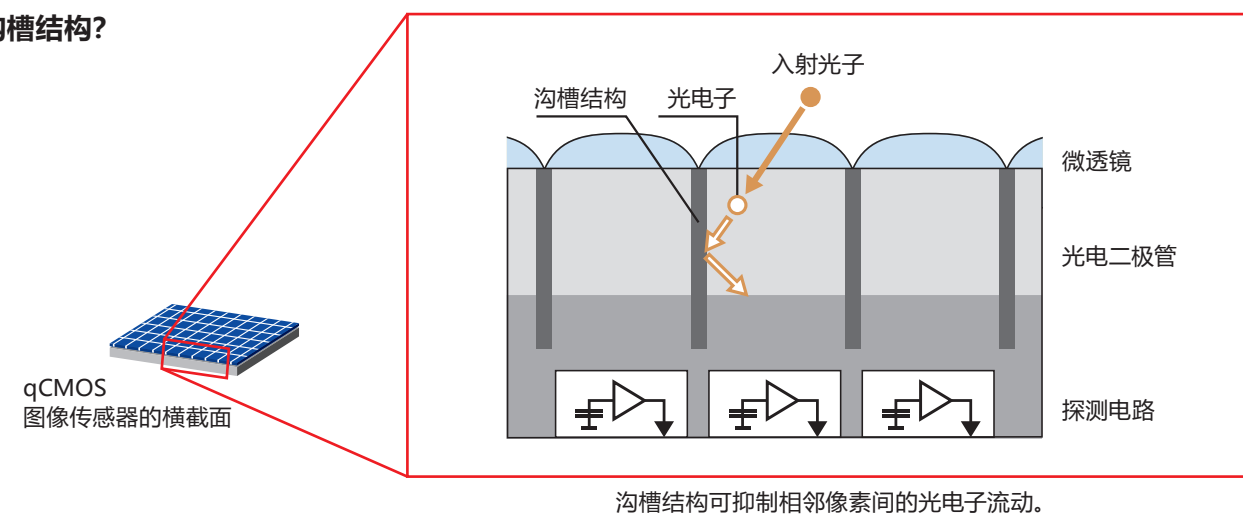
1. 极低噪声性能
2. 实现光子数分辨 (PNR) 输出
3. 背照式结构和高分辨率
4. 实现大量像素和高速读出

3. 背照式结构和高分辨率

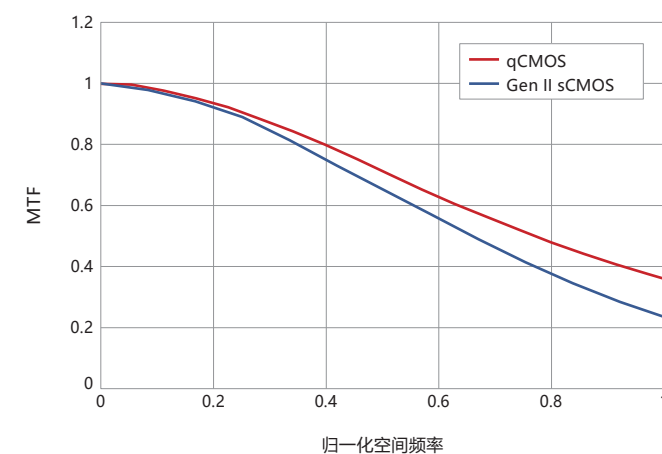
抑制串扰的沟槽结构

高 QE 对于光子的高效探测至关重要，并且通过背照式结构实现。
在传统的背照式传感器中，由于没有像素分离，像素之间会发生串扰，分辨率通常低于前照式传感器。ORCA-Quest 2 qCMOS 的传感器具有用于实现高量子效率的背照式结构，以及用于减少串扰的一对一像素的沟槽结构。

什么是沟槽结构？

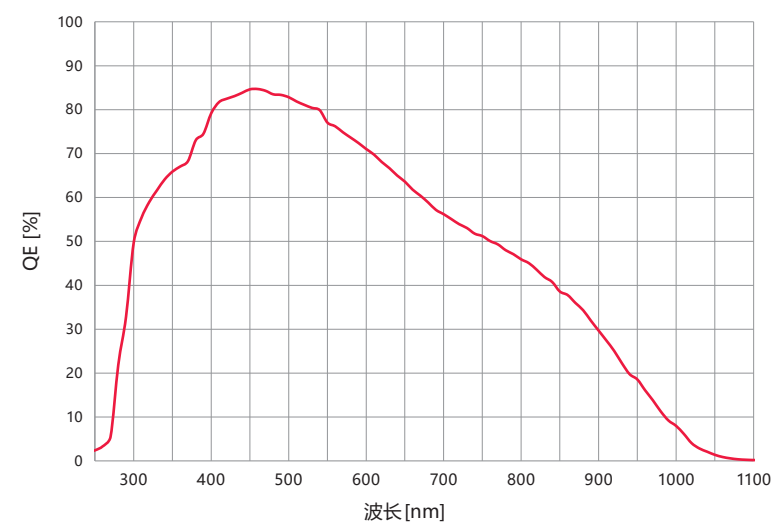


MTF 测量结果



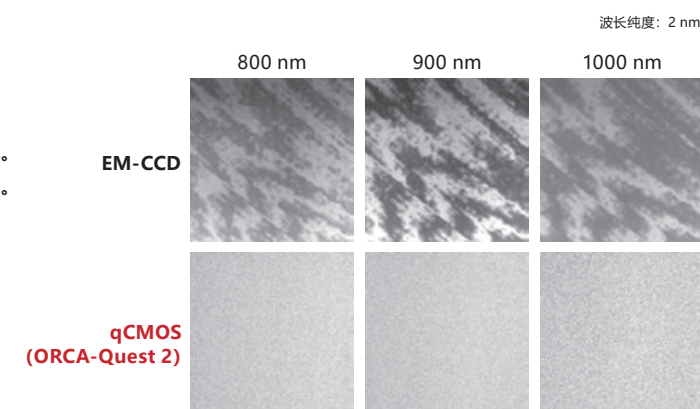
高 QE 50 % @300 nm, 85 % @460 nm, 30 % @900 nm

由于其电荷探测区域的膜层较厚，因此在近红外区域也具有高量子效率。
通常，光子探测区域的膜层厚度与分辨率之间存在一种权衡关系，但沟槽结构可抑制分辨率的下降。



减少 Etaloning 效应

Etaloning 效应是指入射光与硅片背面反射光相互干涉，导致灵敏度随空间及光谱位置而变化的现象。对于 EM-CCD 相机，即使入射光为均匀的单色光 (大多为红外光)，该现象也会以条纹图案的形式呈现。与 EM-CCD 相机相比，qCMOS 相机仅表现出极少的 etaloning 效应。



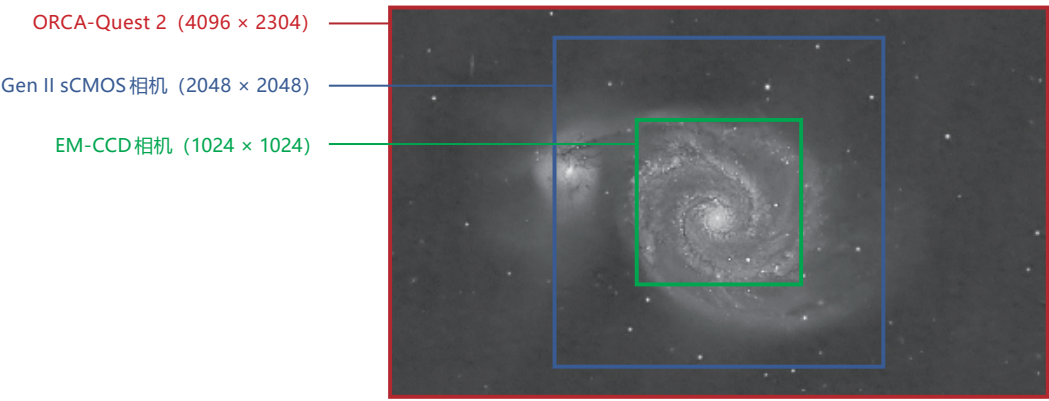
ORCA-Quest 2实现 终极定量成像的 四大关键功能

1. 极低噪声性能
2. 实现光子数分辨 (PNR) 输出
3. 背照式结构和高分辨率
4. 实现大量像素和高速读出

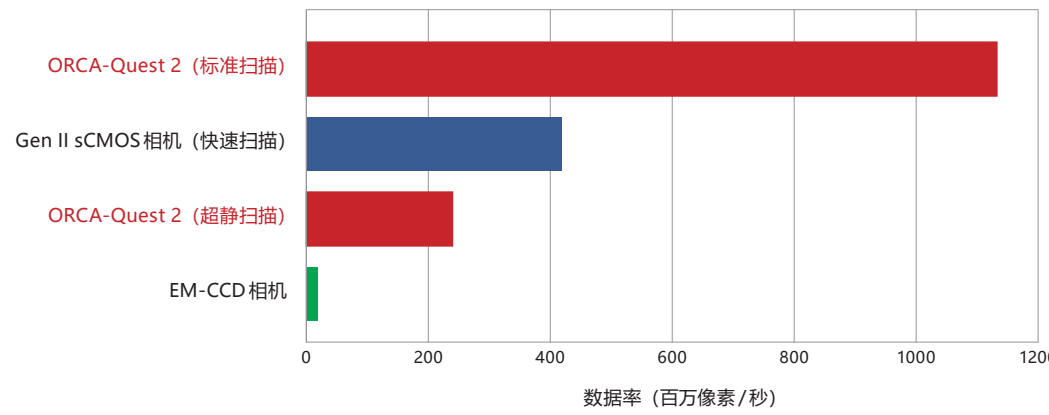
4. 实现大量像素和高速读出

同时实现定量成像、大量像素和高速度

ORCA-Quest 2以940万像素 (4096 (H) × 2304 (V)) 实现超低噪声。与Gen II sCMOS和EM-CCD相机等传统科研相机相比，ORCA-Quest 2能够捕获更多对象。



此外，ORCA-Quest 2的读出速度表现优异。这里，我们指的是“数据率 (像素数 × 帧速率)”，它表示相机在1秒内读取多少像素，以便比较各种科研相机。与传统的sCMOS相机相比，具有标准扫描功能的ORCA-Quest 2即使在较低的读出噪声下也能实现更高的数据率。此外，具有超静扫描功能的ORCA-Quest 2实现了光子数分辨成像，其数据率比EM-CCD相机的单光子计数成像快了10倍。



通过子阵列功能实现快速读出

具有子阵列功能 (ROI) 的ORCA-Quest 2可实现更快的帧速率。

区域读出模式下的读出速度 (帧 / 秒)

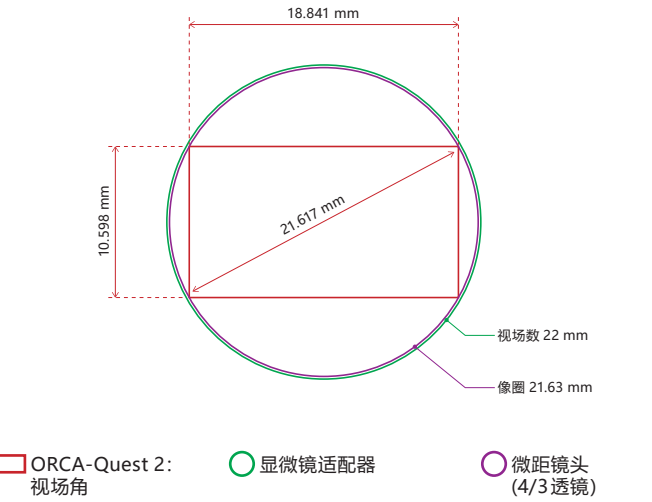
像素数		读出速度 (帧 / 秒)		
X (像素)	Y (像素)	CoaXPress	USB3.1 Gen I (16 位)	USB3.1 Gen I (8 位)
4096	2304	120	17.6	35.3
4096	2048	134	19.9	39.8
4096	1024	268	39.6	79.3
4096	512	532	78.9	157
4096	256	1040	156	312
4096	128	2012	304	609
4096	64	3750	583	1160
4096	32	6610	1060	2130
4096	16	10 600	1850	3650
4096	8	15 400	2890	5780
4096	4	19 800	4080	8160

像素数		读出速度 (帧 / 秒)		
X (像素)	Y (像素)	CoaXPress	USB3.1 Gen I (16 位)	USB3.1 Gen I (8 位)
4096	2304	25.4	17.6	25.4
4096	2048	28.6	19.9	28.6
4096	1024	56.9	39.6	56.9
4096	512	112	78.7	112
4096	256	221	155	221
4096	128	426	303	426
4096	64	796	577	796
4096	32	1400	1050	1400
4096	16	2260	1840	2260
4096	8	3270	2670	3270
4096	4	4200	3680	4200

适用于通用光学系统的传感器尺寸

随着像素数的增加，传感器的尺寸也会变大，导致在使用光学组件时 (例如在显微镜下) 外围视场丢失。ORCA-Quest 2具有高达940万像素 (4.6 μm像素尺寸) 的分辨率，其有效面积为18.841 mm (H) × 10.598 mm (V)，与直径为25.4 mm的C型接口适配，因此适用于通用光学组件。

* 另提供F型接口选购件。



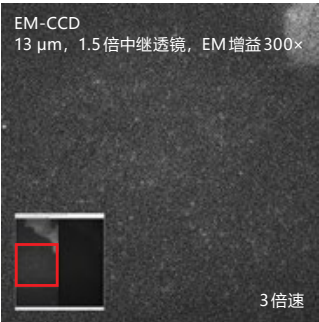
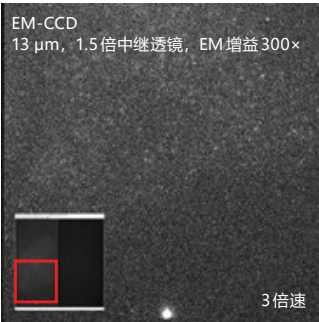
应用和测量示例

生命科学

单分子荧光显微镜

在活细胞单分子荧光成像领域，传统上多采用 EM-CCD 相机。然而，众多研究者的评估实验表明，qCMOS 相机在单分子荧光成像方面的性能表现不亚于 EM-CCD 相机，甚至更胜一筹。此外，qCMOS 相机凭借其在灵敏度、速度、分辨率和宽视场等方面的优势，成为多种成像应用的选择方案。

ORCA-Quest、EM-CCD 相机的单分子成像示例（成像区域内红框部分的放大图像）

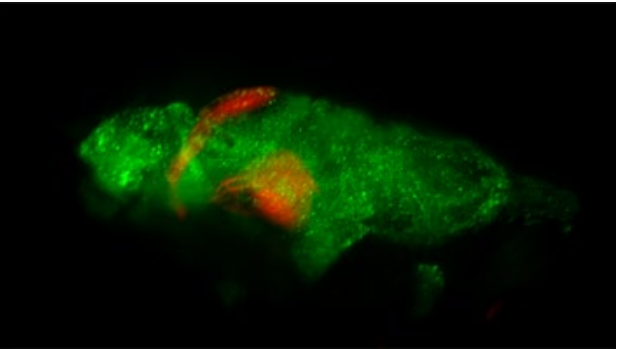


样品: AT1R-EYFP
曝光时间: 100 ms
光学系统: TIRF
物镜: 100× NA 1.49
激发光: 488 nm, 1 mW

数据来源: 中国科学院遗传与发育生物学研究所 (Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences)
Dr. Jiachao Xu

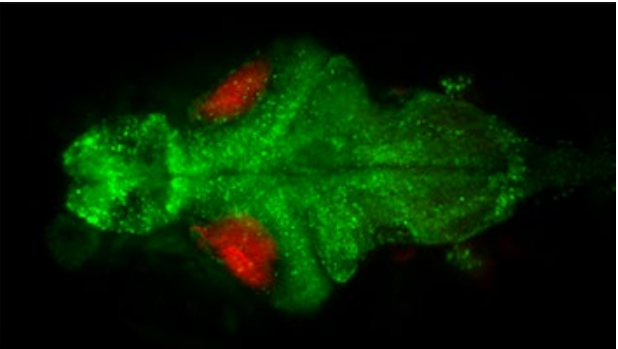
光片显微镜

在长时间高速测量活体神经活动时，保持激发光强度和信噪比之间的平衡至关重要。ORCA-Quest 2 凭借其优异的读出噪声性能和更快的帧速率等优势，极大地缓解了激发光强度与信噪比之间的矛盾。因此，使用 ORCA-Quest 2，可对斑马鱼大脑进行长时间的三维观测。



泛神经元 H2B-GCaMP6s (绿色) 和 Islet2b 中的 ReaChR 体积渲染
(使用 ORCA-Quest 拍摄)

数据来源: Dr. Drew Robson (Max Planck Institute for Biological Cybernetics)



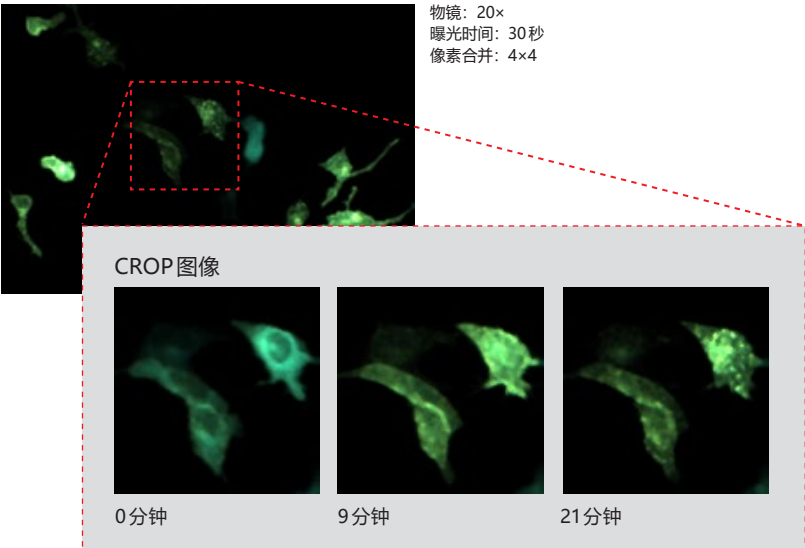
泛神经元 H2B-GCaMP6s (绿色) 和 Islet2b 神经元中的 ReaChR (红色) 体积渲染
(使用 ORCA-Quest 拍摄)

生物发光

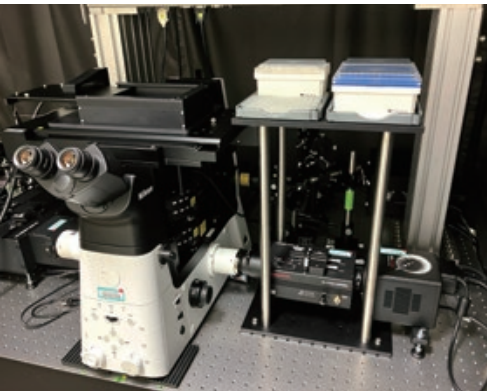
与传统荧光显微镜相比，生物发光显微镜具有独特优势（例如不需要激发光），因而备受关注。生物发光的主要缺点是其非常低的光强度，这会导致曝光时间长、图像质量低。生物发光研究即使在长时间曝光的情况下也需要高灵敏度相机。

双波长同步发光成像 (ORCA-Quest + W-VIEW GEMINI)

视场整体图像



显微镜系统的外观



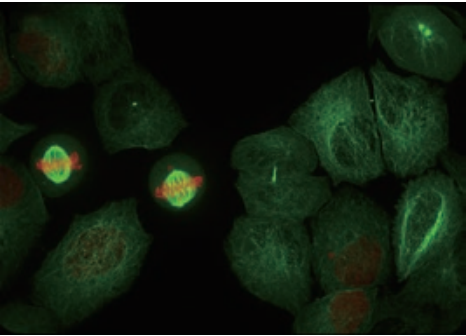
NanoLuc 融合蛋白质 ARRB2 和 Venus 融合蛋白质 V2R 接近时，即将发生 BRET (生物发光共振能量转移)。

数据来源:
Dr.Masataka Yanagawa, Department of Molecular & Cellular Biochemistry Graduate School of Pharmaceutical Science, Tohoku University

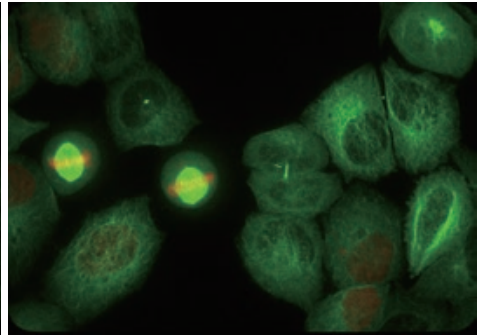
超分辨率显微镜

超分辨率显微镜是指获得空间分辨率高于衍射极限的显微镜图像的一系列方法。超分辨率显微镜需要配备兼具极低噪声和小像素尺寸，从而产生更高分辨率的科研相机。

ORCA-Quest 和 ORCA-Fusion 生成的超高分辨率图像



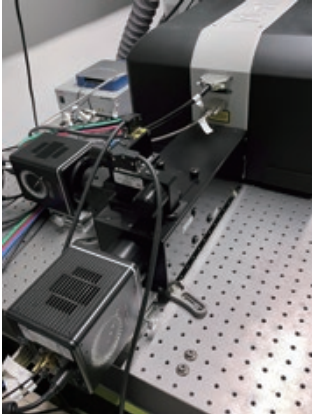
ORCA-Quest
(qCMOS 相机, 4.6 μm 像素尺寸)



ORCA-Fusion
(Gen III sCMOS 相机, 6.5 μm 像素尺寸)

该图像由 Steven Coleman (Visitech international Ltd.) 来源，采用 VT-iSIM 高速超分辨率活细胞成像系统生成。

使用 ORCA-Quest 进行实验设置



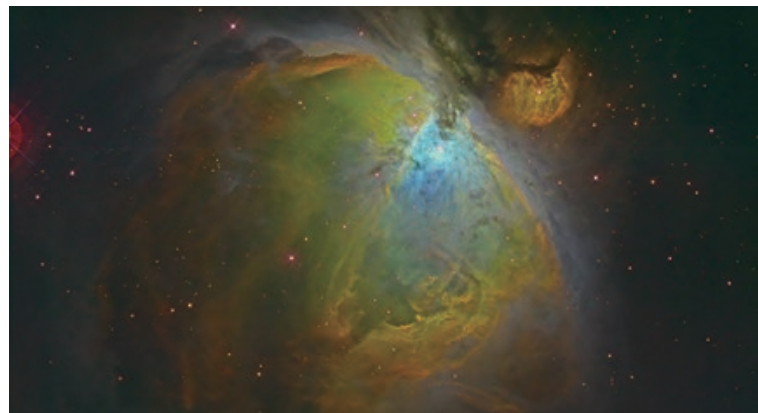
应用和测量示例

天文学

幸运成像

当从地面观察星星时，由于大气湍流，星星的图像可能模糊，因此大大降低捕获清晰图像的能力。但是，由于曝光时间短且大气条件适宜，有时可以拍摄到清晰的图像。因此，幸运成像是一种获取大量图像并在对齐时仅整合最清晰图像的方法。

Orion Nebula（带3个波长滤光片的彩色图像）



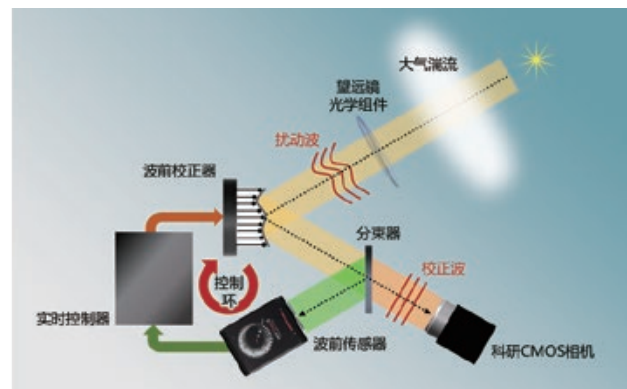
成像设置



自适应光学

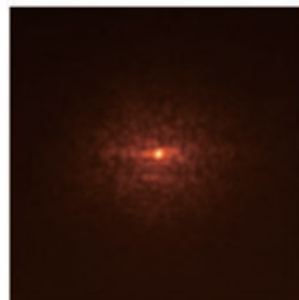
通过自适应光学方法，系统可立即校正受大气波动干扰的入射光的波前。为了执行实时和高精度的波前校正，相机必需以高速和高空间分辨率获取图像。此外，由于波前校正是在测量激光导星的极暗状态下执行的，因此相机还需要具备高灵敏度。

通过自适应光学进行波前校正

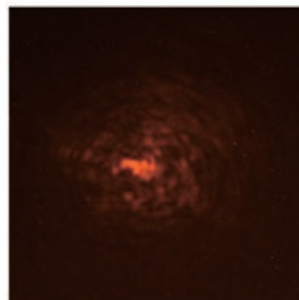


自适应光学比较 *

使用自适应光学



不使用自适应光学

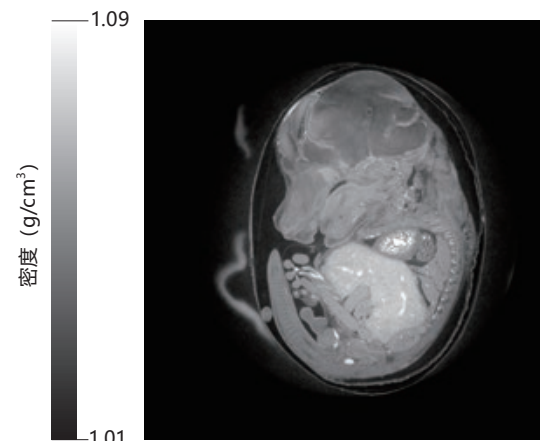


条件：实验室内，风速10米/秒、曝光时间6秒
* 数据来源：Kodai Yamamoto, Ph.D., Department of Astronomy, Kyoto University

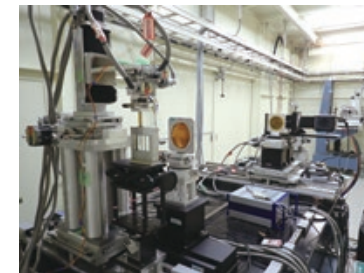
HEP/同步加速器

对于X射线或其他类型的高能粒子的成像，通常使用连接了闪烁体的科研相机。成像系统需要低噪声和高速度来探测瞬时现象。

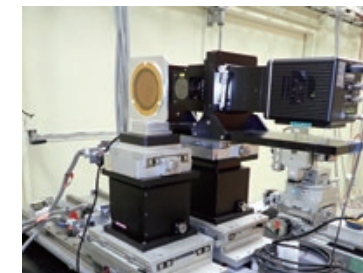
小鼠胚胎X射线相差CT图像



实验设置



相机设置



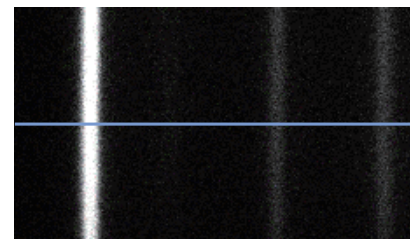
- ORCA-Quest 结合高分辨率X射线成像系统 (M11427) 生成的小鼠胚胎的X射线相差CT图像
- 曝光时间：15 毫秒，总测量时间：6.5 分钟
- 数据来源：SPring-8 BL20B2 beamline by Dr. Masato Hoshino, Senior scientist in Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI)

拉曼光谱仪

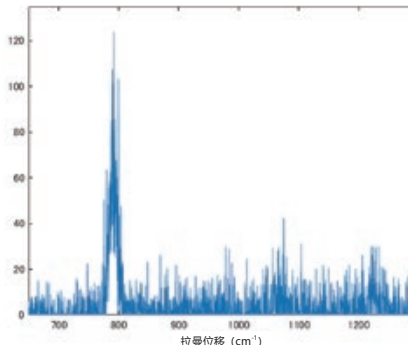
拉曼效应是波长不同于入射光的光散射，拉曼光谱仪是一种通过测量该波长来确定材料特性的技术。拉曼光谱仪可在分子层面进行结构分析，提供化学键合、结晶度等信息。

线扫描型拉曼成像系统中每像素光子数相等条件下的拉曼光谱（单帧）比较

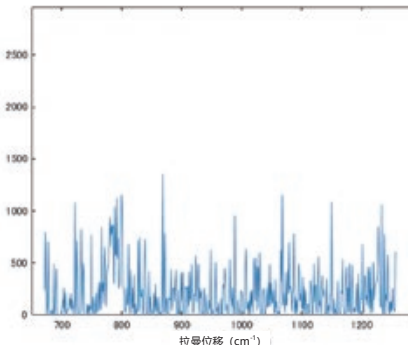
拉曼图像



qCMOS相机



EM-CCD相机



@10 光子/像素/帧，532 nm激光激发
参考资料：https://camera.hamamatsu.com/all/en/application_and_case_study/spectroscopy/photon_number_resolving_capability.html

本公司网站现已发布案例研究!

https://camera.hamamatsu.com/all/en/application_and_case_study.html



详细参数

产品型号		C15550-22UP
成像设备		qCMOS图像传感器
有效像素数		4096 (H) × 2304 (V)
像素尺寸		4.6 μm (H) × 4.6 μm (V)
有效面积		18.841 mm (H) × 10.598 mm (V)
量子效率 (典型值)		85 % (峰值 QE)
满阱容量 (典型值)		7000 个电子
读出噪声 (典型值)	标准扫描	0.43 个电子 (rms), 0.39 个电子 (中值)
	超静扫描	0.30 个电子 (rms), 0.25 个电子 (中值)
动态范围 (典型值) *1		23 000 : 1 (rms), 28 000 : 1 (中值)
暗信号非均匀性 (DSNU) (典型值) *2		0.06 个电子
光响应非均匀性 (PRNU) (典型值) *2*3		<0.1 %
线性度误差	EMVA 1288 标准 (典型值)	0.5 %

制冷	传感器温度	暗电流 (典型值)
强制风冷 (环境温度: +25 °C)	-20 °C	0.016 个电子/像素/秒
水冷 (水温: +25 °C) *4	-20 °C	0.016 个电子/像素/秒
水冷 [最大制冷 (水温: +20 °C, 环境温度: +20 °C)] *4	-35 °C (典型值)	0.006 个电子/像素/秒

正常区域读出、光子数分辨 (PNR) 及原始数据输出 (Raw) 模式 *5		
读出模式		全分辨率, 数字像素合并 (2×2, 4×4), 子阵列
全分辨率帧速率	标准扫描 *6	120 帧/秒 (CoaXPress), 17.6 帧/秒 (USB)
	超静扫描, PNR, Raw	25.4 帧/秒 (CoaXPress), 17.6 帧/秒 (USB)
曝光时间	标准扫描 *6	7.2 μs 至 1800 s
	超静扫描, PNR, Raw	33.9 μs 至 1800 s *7
触发输入	外部触发输入模式	边缘/全局复位边缘/电平/全局复位电平/同步读出/启动
	软件触发	边缘/全局复位边缘/启动
	触发延迟功能	0 s 至 10 s, 步长为 1 μs
光片读出 (专利功能) *8		
读出模式		全分辨率, 子阵列
读出方向		前向读出/后向读出/双向读出/反向双向读出
行间隔时间		7.2 μs 至 237.6 μs
曝光时间		7.2 μs 至 273.7 ms
触发输入	外部触发输入模式	边缘/启动
	软件触发	边缘/启动
	触发延迟功能	0 s 至 10 s, 步长为 1 μs

触发输出		全局曝光定时输出 / 任意行曝光定时输出 / 触发就绪输出 / 3个可编程定时输出 / 高输出 / 低输出
主脉冲	脉冲模式	自由运行 / 启动触发 / 突发
	脉冲间隔	5 μs至10 s, 步长为1 μs
	突发计数	1至65 535
位深		16位 / 12位 / 8位
老型号等效模式		缺陷像素校正 (开或关, 热像素校正3步)
仿真模式		可用 (ORCA-Quest, ORCA-Fusion)
接口		USB 3.1 Gen 1, CoaXPress (Quad CXP-6)
触发输入连接器		SMA
触发输出连接器		SMA
镜头接口		C型接口*9
电源		AC100 V至AC240 V, 50 Hz/60 Hz
功耗		约155 VA
工作环境温度		0 °C至+40 °C
工作环境湿度		30 %至80 % (无凝结)
存储环境温度		-10 °C至+50 °C
存储环境湿度		最大90 % (无凝结)

*1: 根据超静扫描中满阱容量与读出噪声的比值计算

*2: 在超靜掃描模式下

*3: 在3500个电子、图像传感器中心 1500×1500 区域、1000次整合的条件下

*4: 水量为0.46 L/m。

*5: PNR 模式和 Raw 模式可以通过 DCAM-configurator 切换。默认选择 PNR 模式。

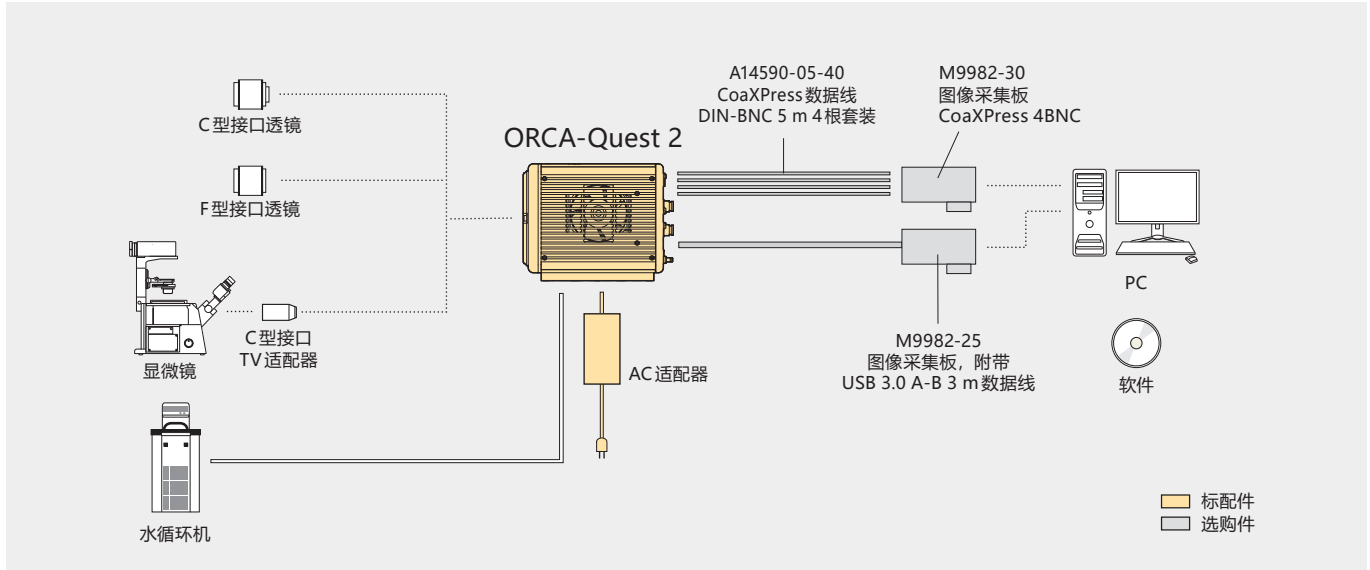
*6: 仅正常区域读出模式

*7: 全局复位边缘发和全局复位电平发的最小曝光时间为67.8 μ s。

*8: 有关专利的更多信息, 请参阅本公司网站。 <https://www.hamamatsu.com.cn/cn/zh-cn/product/cameras/cmos-cameras/lightsheet-readout-mode.html>

*9: 另提供F型接口产品 (C15550-22UP01)。如有兴趣, 请联系滨松的现地法人或经销商。F型接口结构导致漏光, 可能会影响测量, 尤其是在曝光时间较长时。

系统配置



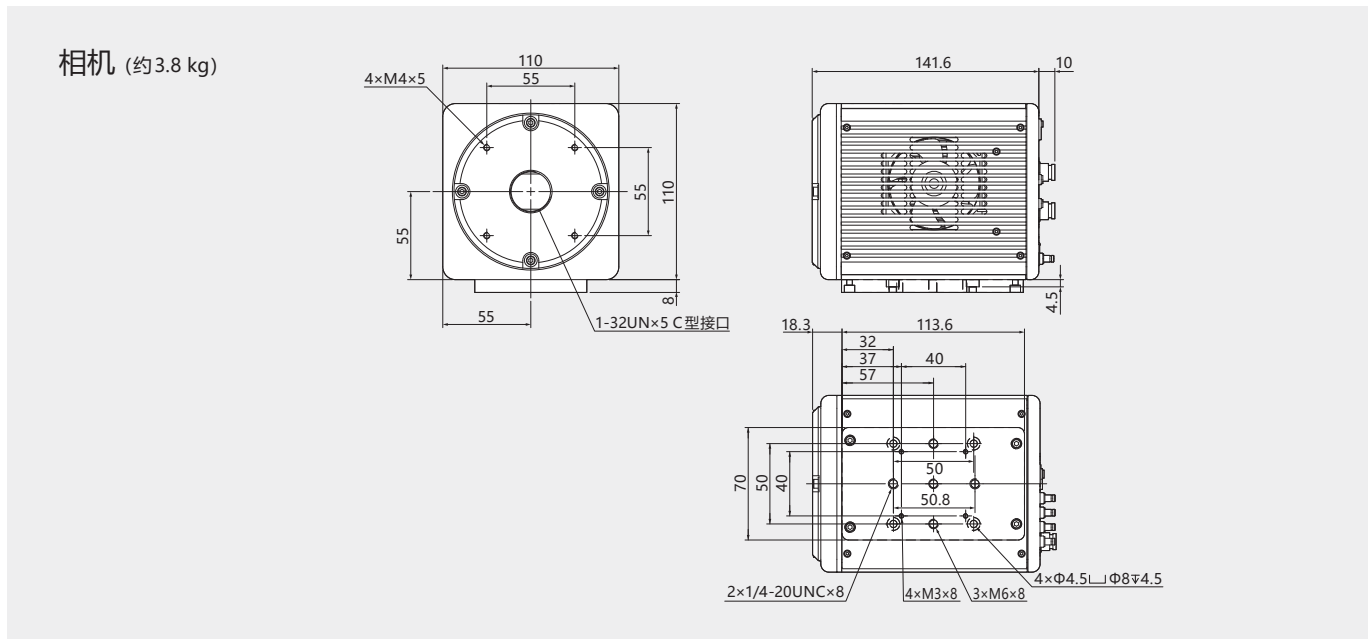
软件和接口



选购件

产品型号	产品名称
M9982-30	图像采集板 CoaXPress 4BNC
A14590-05-40	CoaXPress 数据线 DIN-BNC 5 m 4 根套装
A14590-10-40	CoaXPress 数据线 DIN-BNC 10 m 4 根套装
M9982-25	图像采集板, 附带 USB 3.0 A-B 3 m 数据线
A12106-05	外部触发数据线 SMA-BNC 5 m
A12107-05	外部触发数据线 SMA-SMA 5 m

外形尺寸(单位: mm)





- ORCA和qCMOS是滨松光子学株式会社の注册商标（中国、欧盟、法国、德国、日本、英国、美国）。
 - DCAM-API是滨松光子学株式会社の注册商标（欧盟、日本、英国、美国）。
 - Windows是微软公司在美国（及其他国家）的注册商标。
 - Linux是Linus Torvalds在美国（及其他国家）的注册商标。
 - Python是Python软件基金会的注册商标。
 - 本宣传册中注明的产品和软件包名称是其各自制造商的商标或注册商标。
 - 受当地技术要求和法规所限，本宣传册中产品的供货情况可能相应变化。请咨询您当地的销售代表。
 - 本宣传册中描述的产品在严格按照所有指示使用时，可满足所列的规格要求。
 - 本宣传册中规定的光谱响应是典型值，并非保证值。
 - 我们对本宣传册中的测量示例不作保证。
 - 规格和外观若有变更，恕不另行通知。
- ©2025 滨松光子学株式会社

HAMAMATSU PHOTONICS K.K.

滨松光子学株式会社图像测量设备营业推进部 主页地址: <https://www.hamamatsu.com.cn>

滨松光子学商贸（中国）有限公司

北京市朝阳区东三环北路27号嘉铭中心B座1201室, 100020

电话: 010-6586-6006 传真: 010-6586-2866 电邮: hpc@hamamatsu.com.cn

上海分公司:

上海市静安区南京西路1717号会德丰国际广场4905号, 200040

电话: 021-6089-7018 传真: 021-6089-7017 电邮: hpc@hamamatsu.com.cn

深圳分公司:

深圳市南山区蛇口望海路1166号招商局广场1号楼14层

电话: 0755-2165-9058 传真: 0755-2165-9056 电邮: hpcsz@hamamatsu.com.cn

武汉分公司:

湖北省武汉市东湖高新区观山大道19号泛悦城T2大厦1005室, 430075

电话: 027-5953-8219 电邮: hpcwh@hamamatsu.com.cn

Cat. No. SCAS0178C01
JUN/2025 AK
Created in Japan