

# pco.edge 5.5 科学级sCMOS相机

## --- 高速,高灵敏度,高分辨率sCMOS相机



pco.edge是德国PCO公司推出的科学成像相机的突破，它具备出色的性能，同时提供超低噪音，高速的帧频，宽动态范围，高量子效率，高分辨率和大视场范围。

pco.edge使用科学级sCMOS超级CMOS芯片:该相机创造了其他科学相机所不能达到的关键性能：

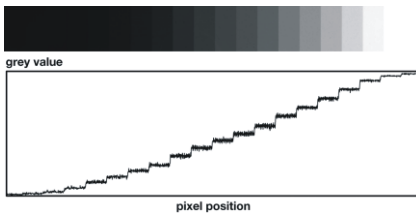


USB3.0



Camera Link

- 高分辨率 ( 2,560 x 2,160像素 )
- 高速全帧幅 ( 100 fps @ full frame )
- 高量子效率 ( >60% )
- 低噪声 ( 1.0 e- RMS )
- 高动态范围 ( 30,000 : 1 )
- A/D转换 ( 16 bit )

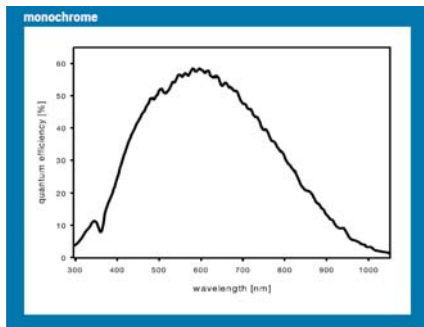


拍摄20阶的灰度标尺, 灰度值分布图

当前所有流行的主流视觉芯片 ( CCD、CMOS、EMCCD等 ) 由于芯片技术限制，都不得不在以上四个参数中取舍，无法做到兼顾。因此，基于这些芯片的传统科研相机往往无法单独满足客户要求，而且对于一些要求苛刻的特殊领域望尘莫及。而现在，sCMOS芯片的出现开始解决这些问题。

### sCMOS芯片

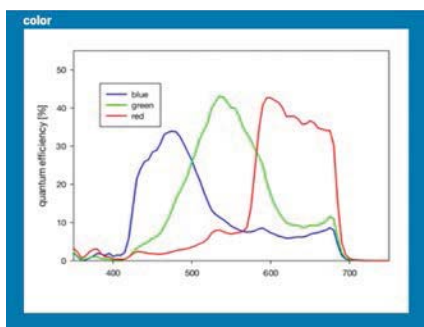
sCMOS是PCO公司参与开发的科学CMOS芯片，避除了传统CMOS芯片高暗电流、高读出噪声、低填充因数和一致性差等缺点，继承了CMOS高速、低功耗、没有任何溢出等优点，为科学图像高质量创造新的应用领域。



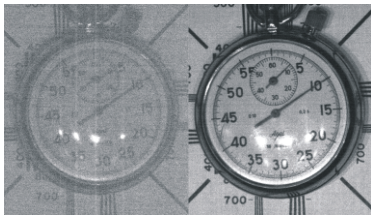
单色芯片量子效率图

### sCMOS芯片与传统芯片的性能比较

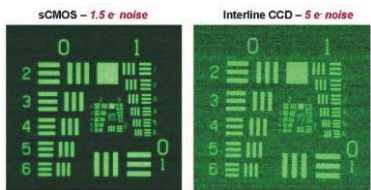
参数	PCO.edge	Interline CCD	EMCCD
像素	5.5 M 像素	1.3 to 4 M 像素	0.25 to 1 M
像素大小	6.5 $\mu\text{m}$	6.45 to 7.4 $\mu\text{m}$	8 to 16 $\mu\text{m}$
读出噪声	1.0e-	4 - 10 e-	<1 e- (with EM gain)
全帧速	100 fps	3 to 16 frames/s	> 30 fps
量子效率	>60%	65%	65% (*virtual phase) >90% (*back-illuminated)
动态范围	30,000:1	~ 3,000:1 @ 11 fps	~ 8500:1 @ 30 fps with low EM gain
乘性噪声	无	无	1.41x with EM gain (effectively halves the QE)



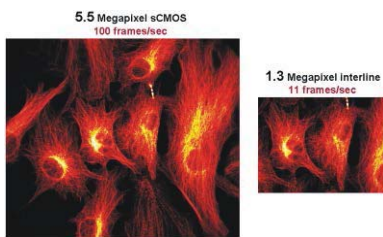
彩色芯片量子效率图



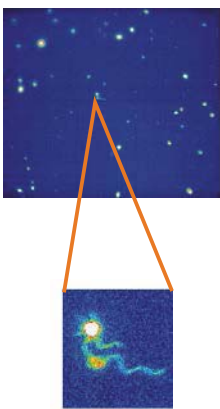
在同样条件下,左边图像是科学级 CCD相机成像;右边是pco.edge 相机成像,不会产生条纹溢出



图像噪声对比,在同样条件下 右边图像是科学级CCD相机成像,图像噪声是5e-; 左边是pco.edge相机成像,图像噪声是1.5e-;



图像分辨率对比,在同样条件下 右边图像是科学级CCD相机成像,图像分辨率130万像素; 左边是pco.edge相机成像,图像分辨率是550万像素;



通过pco.edge相机高分辨率成像,我们可以 清楚看到图像的细节部分;

## 可以取代EMCCD的sCMOS相机

sCMOS相机具有EMCCD相同的噪声等级,使得EMCCD的低噪声优势几近丧失。sCMOS相机的高性能决定了其可以替代EMCCD的在绝大部分应用领域。

EMCCD的缺陷有下述几点:

EMCCD的放大机制有效地将读出噪声降至 $1e^-$ 以下,但同时也引入了另一个噪声源——乘性噪声。这将明显地增加信号的散粒噪声(RMS),因数为1.41 这将导致像元与像元之间以及帧幅与帧幅之间微光信号的变化性。

乘性噪声的净效应是获取的图像的信噪比降低,在一定程度上认为芯片的量子效率(QE)会从两个方面减少。例如,一个量子效率增强型背光EMCCD 原本的QE是90%,当考虑到乘性噪声时,其QE减少到了45%。

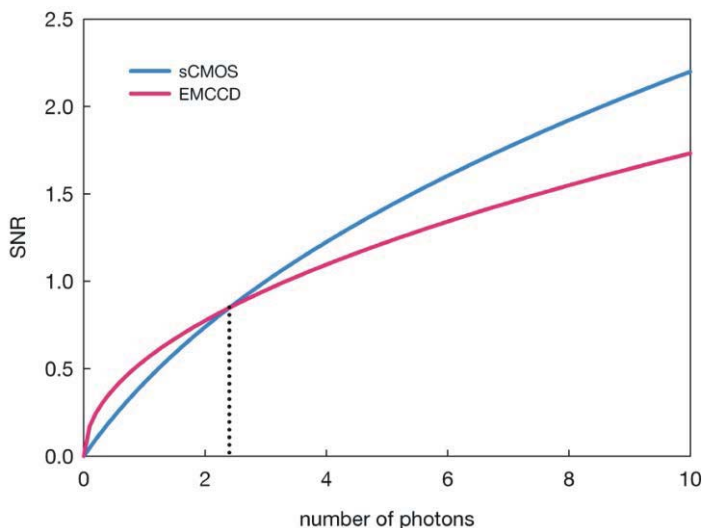
EMCCD有限的动态范围也是要考虑的因素。对于大像元(13 to 16 $\mu\text{m}$ )的EMCCD可以描绘出一个很好动态范围,但仅是在读出速度较低的情况下。要获得更高的动态范围,必须要设定更低的读出速度(或减小像素)以及合适的EM增益。而使用高EM增益将耗尽动态范围。

此外,为使得百万像素的EMCCD可以达到一定的帧速,就要进行多端口输出,这又增加了不菲的额外费用。

最后,EMCCD的功率消耗很高,且需要深度热电制冷,无法满足有些微光成像实验的应用要求。

sCMOS相对EMCCD的优势有:

- 高分辨率
- 真正的高动态范围
- 芯片不需要随时间进行线性校准
- 无需深度制冷来减少增益噪声
- 增加增益值时不会降低动态范围
- 无EMCCD普遍存在的芯片老化问题



## pco.edge 5.5 (Camera Link) 相机性能参数表：

<b>全分辨率</b>	2,560 x 2,160 Pixels ( 550 万像素 )
<b>芯片类型</b>	科学级 CMOS ( sCMOS )
<b>像素大小</b>	6.5 $\mu\text{m}$ x 6.5 $\mu\text{m}$
<b>芯片尺寸</b>	16.6 mm x 14.0 mm / 21.8 mm
<b>快门模式</b>	滚动快门 ( rolling shutter ) , 多种读出模式 全局快门 ( global shutter ) 全局复位-滚动读出 ( global reset-rolling readout ) 光片 ( lightsheet ) 读出模式可选
<b>MTF</b>	76.9 lp/mm ( 理论值 )
<b>满阱电子</b>	30,000 e <sup>-</sup>
<b>读出噪声</b>	1.1 e <sup>-</sup> ( 中值 ) / 1.5 e <sup>-</sup> ( 均方根值 ) @ 滚动快门, 慢速扫描 1.5 e <sup>-</sup> ( 中值 ) / 1.7 e <sup>-</sup> ( 均方根值 ) @ 滚动快门, 快速扫描 2.2 e <sup>-</sup> ( 中值 ) / 2.5 e <sup>-</sup> ( 均方根值 ) @ 全局快门, 快速扫描
<b>动态范围</b>	27,000:1 (88.6 dB) 滚动快门, 慢速扫描
<b>量子效率</b>	> 60%
<b>光谱响应范围</b>	370 ~ 1,100 nm
<b>暗电流</b>	<0.5 e <sup>-</sup> /像素/秒 滚动快门@ 5°C <0.8 e <sup>-</sup> /像素/秒 全局快门@ 5°C
<b>抗高光溢出</b>	1:10,000
<b>镜头接口</b>	F-Mount 和 C-Mount 可选
<b>数据接口</b>	Camera Link
<b>灰度级</b>	16 bit
<b>非线性</b>	< 1%
<b>曝光时间</b>	500 $\mu\text{s}$ – 2s 滚动快门 10 $\mu\text{s}$ – 100ms 全局快门 10 $\mu\text{s}$ – 2s 全局复位-滚动读出
<b>致冷方案</b>	热电致冷+风冷 / 水冷, +5°C恒温 ( 室温不高于 30°C )
<b>SDK</b>	提供多平台软件开发工具包(SDK)
<b>输入信号</b>	帧触发、可编程输入 ( SMA 接口 )
<b>输出信号</b>	曝光、忙碌、线输出、可编程输出 ( SMA 接口 )
<b>储存温度范围</b>	-10°C ..+ 60°C
<b>操作温度</b>	+10°C ..+ 40°C
<b>操作湿度范围</b>	10% .. 80% ( 非冷凝 )
<b>重量</b>	700 g
<b>CE/FCC 认证</b>	有 CE/FCC 认证

## pco.edge 5.5 (USB3.0) 相机性能参数表：

<b>全分辨率</b>	2,560 x 2,160 Pixels ( 550 万像素 )
<b>芯片类型</b>	科学级 CMOS ( sCMOS )
<b>像素大小</b>	6.5 $\mu\text{m}$ x 6.5 $\mu\text{m}$
<b>芯片尺寸</b>	16.6 mm x 16.6 mm / 21.8 mm
<b>快门模式</b>	滚动快门 ( rolling shutter ) , 多种读出模式 全局快门 ( global shutter ) 全局复位-滚动读出 ( global reset-rolling readout )
<b>MTF</b>	76.9 lp/mm ( 理论值 )
<b>满阱电子</b>	30,000 e <sup>-</sup>
<b>读出噪声</b>	1.0 e <sup>-</sup> ( 中值 ) 1.4 e <sup>-</sup> ( 均方根值 )
<b>动态范围</b>	30,000 : 1 ( 89.5dB )
<b>峰值量子效率</b>	> 60%
<b>光谱响应范围</b>	370 ~ 1,100 nm
<b>暗电流</b>	<0.3 e <sup>-</sup> /像素/秒 @ 0°C
<b>抗高光溢出</b>	1 : 10,000
<b>镜头接口</b>	F-Mount 和 C-Mount 可选
<b>数据接口</b>	USB 3.0
<b>灰度级</b>	16 bit
<b>非线性</b>	< 0.6%
<b>曝光时间</b>	500 $\mu\text{s}$ – 2s 滚动快门 20 $\mu\text{s}$ – 100ms 全局快门 30 $\mu\text{s}$ – 2s 全局复位-滚动读出
<b>致冷方案</b>	热电致冷+风冷 / 水冷, 0°C恒温 ( 室温不高于 30°C )
<b>SDK</b>	提供多平台软件开发工具包(SDK)
<b>输入信号</b>	帧触发、可编程输入 ( SMA 接口 )
<b>输出信号</b>	曝光、忙碌、线输出、可编程输出 ( SMA 接口 )
<b>储存温度范围</b>	-10°C ..+ 60°C
<b>操作温度</b>	+10°C ..+ 40°C
<b>操作湿度范围</b>	10% .. 80% ( 非冷凝 )
<b>重量</b>	930 g
<b>CE/FCC 认证</b>	有 CE/FCC 认证

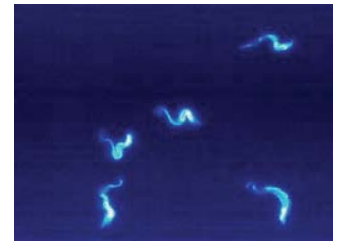
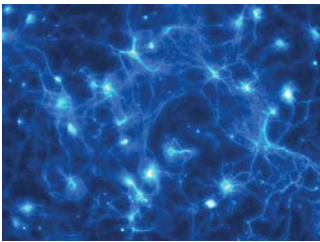
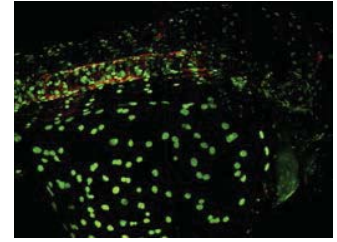
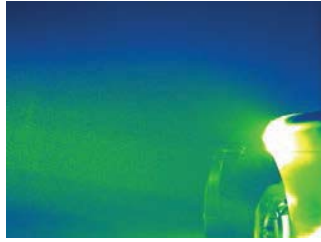
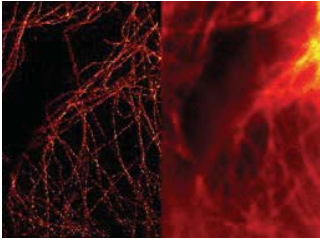
pco.edge 5.5 (Camera Link) 相机帧速表：

分辨率	滚动快门	全局快门	滚动快门
	快速扫描		慢速扫描
2560 x 2160	100 fps	50 fps	33 fps
2560 x 1024	212 fps	105 fps	70 fps
2560 x 512	422 fps	208 fps	140 fps
2560 x 128	1651 fps	789 fps	550 fps
1920 x 1080	201 fps	100 fps	67 fps
1280 x 1024	212 fps	105 fps	70 fps
640 x 480	450 fps	222 fps	150 fps
320 x 240	893 fps	436 fps	297 fps

pco.edge 5.5 (USB3.0) 相机帧速表：

分辨率	帧速
2560 x 2160	30 fps
2560 x 1024	63 fps
2560 x 512	126 fps
2560 x 128	481 fps
1920 x 1080	60 fps
1280 x 1024	63 fps
640 x 480	134 fps
320 x 240	264 fps

应用:



活细胞显微镜；单分子检测；超高分辨率显微镜成像；TIRF 显微镜成像；波导；转盘式共聚焦显微镜成像；  
基因序列测序（第 2 代，和第 3 代）；FRET 荧光能量共振成像；FRAP 荧光漂白实验；天文目标幸运成像；  
太阳天文学；自适应光学；机器视觉；荧光光谱成像；生物-化学自发光；高通筛选；太阳能电池组件 PV 检测；  
X-RAY 断层扫描成像；眼医学；流体测量学；生物芯片读取；TV 广播；光谱（超光谱）成像；激光诱导击穿  
光谱（LIBS)；