

现代CMOS相机替代CCD相机

2015年初,世界上最大的CCD感光芯片制造商Sony(索尼)宣布停产所有基于此技术的芯片。目前,很多用户都在询问最新的CMOS芯片相对于旧芯片的优势;特别是考虑到有些用户一直都在使用基于CCD的相机,他们更需要搞清楚这一问题。我们想在本白皮书中更深入地讨论这个问题:我们将简要介绍感光芯片技术,对新的CMOS芯片与现有的CCD芯片进行比较,并就何时应该选择CMOS芯片的新相机提供建议,且说明了集成后应该能观察到的效果。



CMOS感光芯片

目录

1. 两种芯片技术的区别是什么?	1
1.1 CCD感光芯片设计	1
1.2 CMOS感光芯片设计	1
2. 当需要高分辨率时: 请选择多抽头CCD芯片	2
3. 为什么最新的CMOS芯片优于CCD芯片	2
4. 何时应考虑更换相机技术?	3
5. 就集成而言,选择基于CMOS的最新相机时 应该考虑哪些方面?	3
5.1 根据所需的分辨率、芯片和像素大小确定正确的相机 ..	3
5.2 所需相机接口的定义	4
5.3 镜头和光源的选择	4
5.4 软件和相机控制集成费用	4
5.5 选择下一个适合的相机	5
6. 总结	5

1. 两种芯片技术的区别是什么?

目前市场上既有CCD (charge coupled device, 电荷耦合器件) 成像芯片, 也有CMOS (complementary metal oxide semiconductor, 互补金属氧化物半导体) 成像芯片。它们的任务是将光信号(光子)转换成电信号(电子)。然而, 两种芯片类型在传输这一信息时采用了不同的方法和手段, 其各自的设计也是完全不同的。

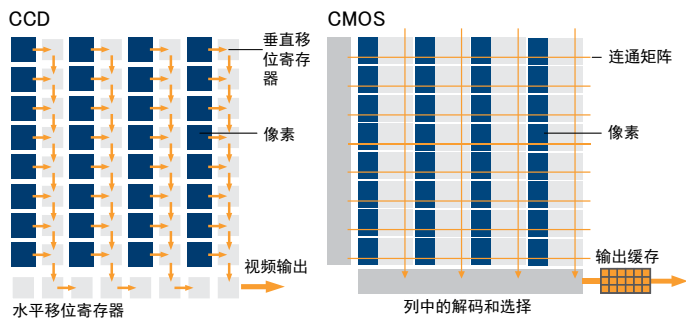
1.1 CCD感光芯片设计

在CCD芯片中, 光敏像素的电荷发生移位并被转化为信号。像素电荷产生于对半导体的曝光, 在许多非常小的移位操作(垂直和水平移位寄存器)的支持下(类似于“斗链”), 被传输到中央模数转换器。由芯片中的电极所产生的电场推动电荷的传输:

1.2 CMOS感光芯片设计

在CMOS芯片中, 并行于每个像素放置了存储电荷的电容。当每个像素曝光时, 这个电容器被光电电流充电。电容器中产生的电压与亮度和曝光时间成正比。不同于CCD, 因芯片曝光而由电容捕获的电子不会移位到单个输出放大器, 而是会通过每个像素自己的关联电子电路直接转化为可测量的电压。然后, 这个电压可用于模拟信号处理器。

通过使用每像素额外的电子电路, 每个像素都可以被定位, 而无需CCD中的电荷移位。由此, 对图像信息的读取速度远远高于CCD芯片, 且因光晕和拖尾等过度曝光而产生的非自然现象的发生频率要低得多, 也可能根本不会发生。其缺点是为每个像素电子电路提供所需的额外空间不会作为光敏区域。由此, 芯片表面上的光敏区域部分(定义为填充因子)小于CCD芯片。从理论上讲, 由于这个原因, 可以收集的图像信息光子数会有所减少。不过, 我们有方法削减这一劣势。

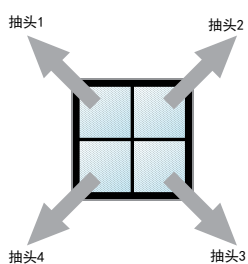


CCD芯片（左）和CMOS芯片（右）的设计。在CCD芯片中，电荷是逐像素进行进一步的移位。而CMOS芯片与此相反：它每个像素的电荷是直接转换为电压和读数，这使得CMOS芯片的速度明显更快。

2. 当需要高分辨率时：请选择多抽头CCD芯片

CCD芯片中的电荷传输需要大量的时间。对于高分辨率芯片，这是一个明显的劣势：因为像素数众多，电荷必须由许多移位操作送入中央放大器。这限制了最大帧速率。解决这个问题的技术手段是多抽头芯片。

在多抽头芯片中，芯片表面被划分为多个抽头区域。每个抽头区域都有自己的电子电路，名叫抽头，可为每个抽头区域创建信号和单个输出。出自抽头区域的图像信息被抽头在较短距离内同步进行移位、放大和选择，因此速度更快。这些区域随后必须重新组成一幅图像。多抽头过程提供了高分辨率和速度，但也有缺点：非常复杂。必须逐一对各个抽头电子电路进行仔细调整。因为抽头区域的边界很明显，所以即使是微小的偏差都会导致图像中产生可见的差异：最重要的是人眼可见。多抽头芯片的能耗通常较大，从而导致发热量增加。这往往会增加芯片的噪声，必要的时候必须适当采取降温措施。



4抽头芯片

得益于其高速度和内部设计，CMOS芯片也能提供更高的分辨率，而不是必须使用多抽头体系结构。

3. 为什么最新的CMOS芯片优于CCD芯片

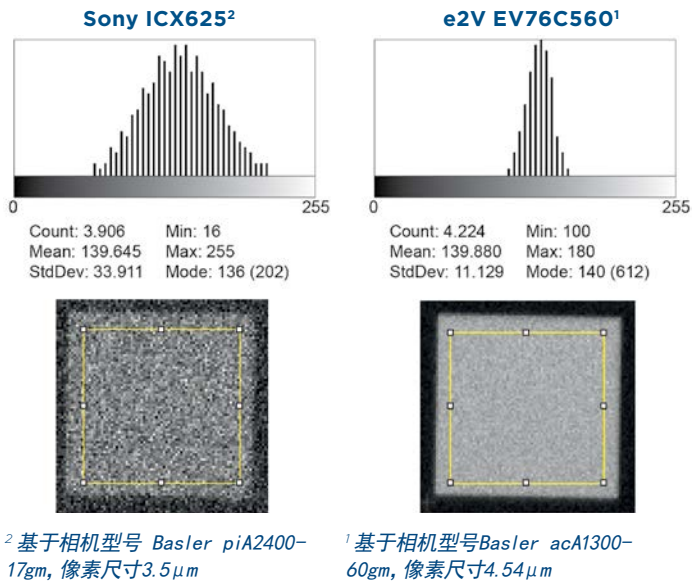
	CCD芯片	新的CMOS芯片
快门	全局快门	全局快门或滚动快门
同一分辨率的相机/芯片的成本	非常高	从中等（全局快门）到非常低（滚动快门）
最大读出速度	通常不高于20 fps	非常高，几乎是无限的（例如400万像素的全局快门芯片可达180 fps）
电耗	高	低
镜头选择	有限，原因是芯片尺寸大多大于2/3"	非常大（1/4" - 1"）
发热，如果不降温噪声会较高 ¹	非常高	低
成像质量 ¹ ：动态范围	高	低到非常高
成像质量：灵敏度 ¹	高	低到非常高
成像质量：低噪点 ¹	几乎没有	几乎没有
抽头配置的成像干涉 ¹	可能需要，必须费力校准（只适用于多抽头CCD芯片。）	无
成像非自然“光晕”	有	无
成像非自然“拖尾”	有	无

¹ 关于表的注释：图像的质量很大程度上取决于确切的传感器类型和相机制造商安装传感器的情况。

高分辨率全局快门CMOS芯片是在最近才推出的。以前的许多芯片只使用滚动快门。今天许多CMOS芯片的成像质量也已经优于CCD芯片的成像质量。CCD芯片市场的世界领导者索尼之所以会停产CCD芯片，并在未来完全集中于CMOS，这也是原因之一。



来自智能交通系统(ITS)的一个例子: 左边的图像由4抽头CCD芯片 (ON Semiconductor (原柯达) 的KA14050芯片) 拍摄。右边的图像由来自Sony的IMX174 CMOS芯片拍摄。右边图像的动态范围显然更高, 因为它可以在同一张图片中更好地识别司机和牌照。此外, 在设置几乎相同的情况下, 该芯片显然更灵敏, 相应地能在背景中提供更多细节。



要全面比较成像质量, 应该看在其他设置相同的情况下芯片噪声增加的趋势。信噪比(SNR)最好由均匀浅灰色表面(下图)的图像灰度级频谱(上图)来决定。灰色值频谱的宽度越低越好。示例中显示了浅灰色表面及其灰度级频谱的图像: 左边使用的是Sony ICX625的CCD全局快门芯片, 右边的是e2V的CMOS全局快门芯片EV76C560。像素大小的影响已经消除。

4. 何时应考虑更换相机技术?

如果对以下一个或多个问题的答案是“是”, 那么就应该更换为CMOS技术。这一原则既适用于现有系统, 也适用于待开发的新系统:

- 希望在系统中实现更高的帧速率, 从而提高性能?
- 希望提高性能, 在不利的光线条件下也能看到更多细节?
- 遇到了相机发热的问题? 必须额外采取冷却措施?
- 遇到了可见线、光晕或拖尾等非自然成像问题?
- 以降低系统成本为目标?
- 现有的感光芯片技术已停产或面临停产?

5. 就集成而言, 选择基于CMOS的最新相机时应该考虑哪些方面?

如果决定更换感光芯片技术, 为实现快速和有效的集成, 应该牢记几个要点: 有一项好处是: 包括成像质量优化在内的高度复杂的全面芯片集成是制造商的核心技术的组成部分, 在您拿到CMOS相机时已经确立。在选择相机时, 用户只需关心“外部”几点。

其中包括:

5.1 根据所需的分辨率、芯片和像素大小确定正确的相机

实际上, 分辨率是指图像内的两行或两点仍能被视为两个分别的个体的两行或两点之间的最小距离。那么, 当您读取相机的数据表时, 上面所说的“2048x1088”具体是指什么? 此信息指的是每行形成图像的点(像素)的数量, 在此例中指图像的每个水平行拥有2048个像素, 每个垂直行则拥有1088个像素。两者相乘得出分辨率为2 228 224像素, 即220万像素。

可使用一种简单的方程式来决定应用需要的是哪种分辨率:

$$\text{分辨率} = \frac{\text{目标尺寸}}{\text{所需检测的细节尺寸}}$$

所需的分辨率取决于图像中要识别的细节。

芯片和像素大小

芯片与单个像素的表面积越大，越能够提供更多的空间以捕捉光线。光是芯片用于生成和处理图像信息的信号。可用表面积越大，信噪比(SNR)越好，特别是3.5μm这样的大像素。信噪比越好，图像质量越高。理想值是在42dB范围内。

较大尺寸的芯片拥有另一优势，即更大的空间可容纳更多的像素，因而提供更高的分辨率。真正优势在于单个像素的尺寸仍足以确保能够取得较好的信噪比 - 而较小的芯片的表面只能容纳较少的大像素。

请记住即使拥有大型芯片和很多大像素，如果没有相应的镜头仍然无法取得满意效果。当与合适的镜头组合使用时，它们才能发挥全部潜力，才能产生如此高水平的分辨率。大型芯片的成本也较昂贵，因为较大的空间所需使用的硅就更多。

5.2 所需相机接口的定义

除其他方面外，这个决策还取决于所需的线材长度、带宽、速度和实时性要求以及可以使用的PC硬件。

注意许多CMOS芯片提供高数据速率，因此需要较宽的带宽。同样因为这个原因，应选择支持高带宽同时具有高性价比的相机接口（如GigE或USB 3.0）。这样如果需要进一步增加帧速率来提高性能，该系统就可以为未来做好充足准备。

下图概述了当前相机接口和它们的优缺点。

有关相机接口的详细信息，请阅读白皮书“最常见的数字接口技术（Camera Link®、USB3 Vision、GigE Vision、1394（FireWire））比较。”

接口	线材长度	以MB/s表示的带宽最大值	多相机	线材成本	“实时”性	“即插即用”
USB 2.0	5m	40	■	■	■	■
FireWire	4.5m	64	■	■	■	■
GigE Vision	100m	100	■	■	■	■
USB3 Vision	8m	350	■	■	■	■
Camera Link	10m	850	■	■	■	■

各种接口概述

GigE Vision和USB 3.0将会在一段时间内主导接口市场，因而也是向CMOS转移的最好选择。

5.3 镜头和光源的选择

如果您决定采用新的芯片格式，那么就需要一个新镜头与之匹配。如果新的芯片灵敏度不同，也可能必须调整光源。如今在许多情况下甚至既可以提高性能，又可以降低成本。所以较小的像素大小允许采用较小的镜头格式，这样成本较低（只要“光学”解决方案仍然适合）。一个例子是提供超过500万像素分辨率的1/2”镜头。

5.4 软件和相机控制集成费用

符合当前标准的相机（例如，“GenICam”或USB3 Vision或GigE Vision等接口标准）通常易于集成。以前的编程可能仍然有效，只需要调整必要的记录参数。如果以前的解决方案没有对应于一种标准，整合成本必然比较高，但仍然值得：新的解决方案可以为未来做好充分准备，这样随时可以集成成本较低的相机。

² 数字相机的一般可能选择

5.5 选择下一个适合的相机

使用这个查看表，您可以确定适合的CMOS相机。相对之前的CCD解决方案，选择过程中您应该牢记以下几点：

■ 光学格式和像素大小

如果不希望更改镜头，则应该保持不变。如果灵敏度提高并且镜头可以更改，则可以变小。

■ 帧速率

理想情况下应该更高（以实现系统中的性能改进）

■ EMVA数据

应该相同或更好³

■ 灵敏度/波长

如果光源不做调整，参数应该基本不变

■ 相机的设计尺寸

应该相同或更小

■ 相机固件功能

如果到目前为止使用特定固件功能，这些应详细比较。基于CMOS的现代相机通常提供更多功能：例如锐化或降噪算法等

■ 软件和编程

如果之前使用符合标准（例如GenICam和GigE vision）的软件完成处理，那么应该保持相同的兼容性，这样编程所需的调整才能尽可能小。如果使用专利软件，应该为编程调整留出更多的时间。因此建议改为符合标准的软件。

■ 相机接口

如果是USB 3.0或GigE，请采用相同的接口；对于旧接口或基于采集卡的接口，应考虑进行改变，以降低系统成本和/或具备可以满足未来需要的可持续性设计。

工具可以帮助回答有关寻找理想的CMOS相机来替代CCD相机的所有问题。Basler因此提供“相机选型助手”（在其网站等），基于光学格式或帧率等标准的“相机选型助手”工具大大简化了CMOS相机的选择难度。

6. 总结

现代的CMOS芯片均普遍优于多抽头CCD或标准CCD芯片。这不仅仅在于价格方面，而且还因为明确的技术优势，包括更快的速度、更高的分辨率、更少的图像干涉或极低的发热。使用新的基于CMOS相机的集成调换或替代CCD芯片可以非常简单，特别是如果用户选择的硬件和软件符合标准。对于您的应用程序，这意味着很多优势，比如检查零件的传输量可以显著增加，而相机和检验系统的成本大大减少，同时不会降低图片质量。

³ EMVA数据是比较芯片和/或相机的基本成像特征的重要参数



作者

René von Fintel
产品管理部门负责人

René von Fintel负责Basler ace系列相机, 并协调USB3 Vision等新技术的市场导入工作。在工业工程专业毕业后, 他在一家著名德国医疗技术公司从事了八年销售和市场营销工作。2012年René von Fintel进入Basler开展产品管理工作。

联系人

René von Fintel - 产品管理部门负责人
电话 +49 4102 463 332
传真 +49 4102 463 46332
电子邮件: rene.vonfintel@baslerweb.com

Basler AG
An der Strusbek 60-62
22926 Ahrensburg
Germany

关于Basler

Basler是工厂自动化、医疗及交通监控等应用中的高质量数字相机的领先制造商。行业需求引领产品开发。Basler相机集成简单、尺寸紧凑、成像质量优秀、性价比出众。Basler有超过25年的图像处理经验。公司在Ahrensburg总部和美国、新加坡、中国台湾、中国、日本和韩国的办公室拥有近500位员工。

有关免责声明和隐私权声明的详细信息, 请访问 www.baslerweb.com/disclaimer-cn

©Basler AG, 05/2015

Basler AG

德国总部

电话: +49 4102 463 500
传真: +49 4102 463 599
sales.europe@baslerweb.com
www.baslerweb.com

美国

电话: +1 610 280 0171
传真: +1 610 280 7608
sales.usa@baslerweb.com

亚洲

电话: +65 6367 1355
传真: +65 6367 1255
sales.asia@baslerweb.com

BASLER
the power of sight