

图像传感器包括 CCD 与 CMOS 两种。其中，CCD 是“电荷耦合器件” (Charge Coupled Device) 的简称，CMOS 是“互补金属氧化物半导体” (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 的简称。CCD 是 1970 年美国贝尔实验室的 W·B·Boyle 和 G·E·Smith 等人发明的，从而揭开了图像传感器的序幕。据恒业国际控股集团生产中心经理刘勇介绍：“CCD 是一种用于捕捉图像的感光半导体芯片，广泛运用于扫描仪、复印机、摄像机及无胶片相机等设备”，即光学图像(实际场景)经镜头投射到 CCD 上，随后将电子图像不停留地送入一个 A/D 转换器、信号处理器等器件。理论上说其能无限次地完成光电图像转换，方便长期使用，最终从摄像机输出的图像其图质很大程度上取决于 CCD 的品质。

随 CCD 迅猛发展之时，有人发现 CMOS 引入半导体光敏二极管后也可作为一种感光传感器，但在分辨率、噪声、成像质量等方面都比当时的 CCD 差，故未获得实际的规模应用。近年，随着 CMOS 工艺技术的飞速发展，现在已能制造出高质量、低成本的 CMOS 成像器件，且已可实际投入大规模生产，其高速率、高集成、低功耗及成本低廉等特性已影响着行业内图像传感器选用走向。随之，CCD 一统江湖的地位开始动摇，恒业国际刘勇表示：“如今，CCD 与 CMOS 已呈两者共存的局面，模拟产品 CCD 是主流，但高清产品 CMOS 逐步成为图像传感器的主角。”究竟谁会笑到最后？下面我们对其结构、原理和优劣势进行一一对比。

## 内外部：结构原理 PK

无论任何产品，品质的好坏主要取决于性能的优劣，而性能优劣的关键跟产品结构和工作原理又有着较大的关系，CCD 和 CMOS 也既如此。

### 基本组成

CCD 是在 MOS 晶体管的基础上发展起来的，其基本结构是 MOS(金属—氧化物—半导体)电容结构。它是在半导体 P 型硅(Si)作衬底的表面上用氧化的办法生成一层厚度约 1000~1500 的 SiO<sub>2</sub>，再在 SiO<sub>2</sub> 表面蒸镀一层金属(如铝)，在衬底和金属电极间加上一个偏置电压(称栅电压)，就构成了一个 MOS 电容器。所以，CCD 是由一行行紧密排列在硅衬底上的 MOS 电容器阵列构成的。

而最基本的 CMOS 图像传感器是以一块杂质浓度较低的 P 型硅片作衬底，用扩散的方法在其表面制作两个高掺杂的 N+ 型区作为电极，即场效应管的源极和漏极，再在硅的表面用高温氧化的方法覆盖一层二氧化硅(SiO<sub>2</sub>)的绝缘层，并在源极和漏极之间的绝缘层的上方蒸镀一层金属铝，作为场效应管的栅极。最后，在金属铝的上方放置光电二极管，这就构成了最基本的 CMOS 图像传感器。

恒业国际刘勇解释道：“在 CMOS 摄像器件中，电信号是从 CMOS 晶体管开关阵列中直接读取的，而不像 CCD 那样需要逐行读取。”

### 内部结构

CCD 成像器需有辅以较多的外围驱动电路才能工作，它仅能输出模拟电信号，这种信号要经后续的地址译码器、模数转换器，图像信号处理器等进行处理，

CCD 本身集成度相对较低。如有 CCD 数码相机常会有六个芯片组成，有的多达八片，最少也要三片，从而使相机体积不能减小，制作成本也较高。

而 CMOS 成像器不需要附加的外围处理电路，它是将光电二极管、图像信号放大器、信号读取电路、模数转换器、图像信号处理器及控制器等都集成到一块芯片上，且制造加工就如半导体厂家生产集成电路的流程即可。若构成数码相机，可将数码相机的所有部件都集成到一块芯片上，即“单芯片相机”。因此，采用 CMOS 芯片的光电图像系统，不但能降低系统的整体成本与组装所需的时间，而且还大大缩小了系统的体积和减低了复杂度。

## 工作原理

天津天地伟业数码科技有限公司产品中心经理郭辉介绍：“CCD 是一种半导体成像器件，CCD 电荷耦合器存储的电荷信息，需在同步信号控制下一位一位地实施转移后读取，电荷信息转移和读取输出需要有时钟控制电路和三组不同的电源相配合，整个电路较为复杂。”

因而，CCD 处理信息的速度相对较慢外，其耗电量也相对较大；

而 CMOS 光电传感器在光电转换后就可取出电信号，读取比较简单，还能同时处理各像素单元的图像信息，

CMOS 光电传感器只需单组电源工作，耗电量小，能达到节能作用。

## 技术指标：输赢关键

评判一款产品性能好坏，总有几个技术指标。对于 CCD 和 CMOS 传感器来说，同样也有几个硬性指标。引用天地伟业郭辉的观点：“传感器的主要技术指标有像素、靶面尺寸、感光度、电子快门、帧率、信噪比等。”

- 像素。传感器上有许多感光单元，它们可以将光线转换成电荷，从而形成对应于景物的电子图像。而在传感器中，每一个感光单元对应一个像素(Pixels)，像素越多，代表着它能够感测到更多的物体细节，从而图像就越清晰。像素越高，意味着成像效果越清晰；

- 靶面尺寸。据天地伟业的郭辉介绍：“图像传感器感光部分的大小。一般用英寸来表示，和电视机一样，通常这个数据指的是这个图像传感器的对角线长度，如常见的有1/3英寸，靶面越大，意味着通光量越好，而靶面越小则比较容易获得更大的景深。比如1/2英寸可以有比较大的通光量，而1/4英寸可以比较容易获得较大的景深。”

- 感光度。即是通过 CCD 或 CMOS 以及相关的电子线路感应入射光线的强弱。感光度越高，感光面对光的敏感度就越强，快门速度就越高，这在拍摄运动车辆，夜间监控的时候尤其显得重要；

• 电子快门。是比照照相机的机械快门功能提出的一个术语。其控制图像传感器的感光时间，由于图像传感器的感光值就是信号电荷的积累，感光越长，信号电荷积累时间也越长，输出信号电流的幅值也越大。电子快门越快，感光度越低，适合在强光下拍摄；

• 帧率。既指单位时间所记录或者播放的图片的数量，连续播放一系列图片就会产生动画效果，根据人类的视觉系统，当图片的播放速度大于15幅/秒的时候，人眼就基本看不出来图片的跳跃；在达到24幅/s~30幅/s之间时就已经基本觉察不到闪烁现象了。每秒的帧数(fps)或者说帧率表示图形传感器在处理场时每秒钟能够更新的次数。高的帧率可以得到更流畅、更逼真的视觉体验；

• 信噪比。是信号电压对于噪声电压的比值，信噪比的单位用 dB 来表示。一般摄像机给出的信噪比值均是 AGC(自动增益控制)关闭时的值，因为当 AGC 接通时，会对小信号进行提升，使得噪声电平也相应提高。信噪比的典型值为45~55dB，若为50dB，则图像有少量噪声，但图像质量良好；若为60dB，则图像质量优良，不出现噪声，信噪比越大说明对噪声的控制越好。

### 品性较量：优劣势分析

据悉，随着数字网络摄像机的发展和普及，图像传感器正逐渐从 CCD 独大向 CCD 和 CMOS 并举的态势转变。先不去探讨此观点的正确性，下面笔者先参照上文中提及的图像传感器技术指标，来具体比较 CCD 和 CMOS 两者的优劣势。

据苏州科达科技有限公司监控产品经理郭俊伟表示：“CCD 和 CMOS 两种传感器各有长短，CMOS 传感器具备低成本、高集成度、高速率、低功耗等优势；而 CCD 能提供更好的感光度和更好的画质，可谓可有千秋。”

• 像素构成。科达郭俊伟表示：“CCD 由于像素点中没有放大电路，其光电二极管的感光面较大，所以相比同尺寸的 CMOS 能提供更好的感光度和更大分辨率。但因为所有电荷都要逐个像素移位，在经过放大器处理，由此制造工艺要远比 CMOS 复杂且成品率低，所以 CCD 的成本要远比 CMOS 高。”

• 数据读取效率。科达郭俊伟同时表示：“CMOS 具备高速的读取效率，对于处理高分辨的大量数据具有天然的优势。一但其制作工艺成熟后且便于与其它 SOC 集成。其整体方案的成本要明显优于 CCD。同时，基于它的像素结构的特点，它的功耗相对较小。”

• 感光度。据悉，由于 CMOS 传感器每个电荷都先经放大再转移，带来问题就是噪声多而影响图像品质。加上其每个像素点中都含有放大器件，缩小了单位感光面积，所以它的感光度明显不如 CCD；

• 成像效果。四川艾普视达数码科技有限公司市场部经理范清华表示：“CCD 因为感光灵敏度较好，故在低照度下的成像具有优势，而 CMOS 的高像素优势，在高清监控时由于数据处理量大，CCD 实现起来成本相对较高，故多以 CMOS 传感器居多。”

• 曝光时间。艾普视达范清华表示：“CCD 通常采用 GlobalShutter 快门方式，曝光时间更短，适合道路抓拍场合应用。由于 CMOS 多是采用 RollingShutter 电子快门方式，当物体移动较快时，会出现部分曝光、倾斜、抖动等现象，厂商方面也有开始着手在 CMOS 上使用 GlobalShutter 技术，或者是通过长延时闪光灯来解决现有 RollingShutter 模式下的闪光同步问题。”

目前，在各主力厂商的不断努力下，新的 CMOS 器件不断推陈出新，高动态范围 CMOS 器件已经出现，这一技术消除了对快门、光圈、自动增益控制及伽玛校正的需要，使网络摄像机接近且超过 CCD 的成像质量。另外由于 CMOS 先天的可塑性，可以做出高分辨率像素的大型 CMOS 感光器而成本却不上升多少。

相对于 CCD，CMOS 作为新生事物而展示出了蓬勃的活力。作为百万像素高清网络摄像机的核心部件，CMOS 图像传感器以已经有逐渐取代 CCD 感光器的趋势。

## 结语

在采访中，大部分厂商均表示：CCD 必将会被 CMOS 传感器所取代。如天地伟业郭辉表示：“目前来看，CCD 因技术成熟，目前应用还较多，但是随着市场需求的扩大和技术的进步，未来更看好 CMOS。”

同样，艾普视达范清华从市场需求上也提出：“目前市场上的 CMOS 器件的发展已经可以达到4000万像素，而目前我们的安防视频监控摄像机产品主要还是210万像素、300万像素和500万像素，从像素上来说，无论监控摄像机如何发展，CMOS 传感器已经足够满足安防视频监控的应用。”笔者认为，CCD 和 CMOS 传感器的较量，先不去关注谁输谁赢，但从中可总结一个道理：市场的竞争是残酷的，从来就不会有谁先来后到的游戏规则，法则只有一个优胜劣汰，要想持续占领市场，随市场需求而变、求精、求极致、求突破，才是不败之道。