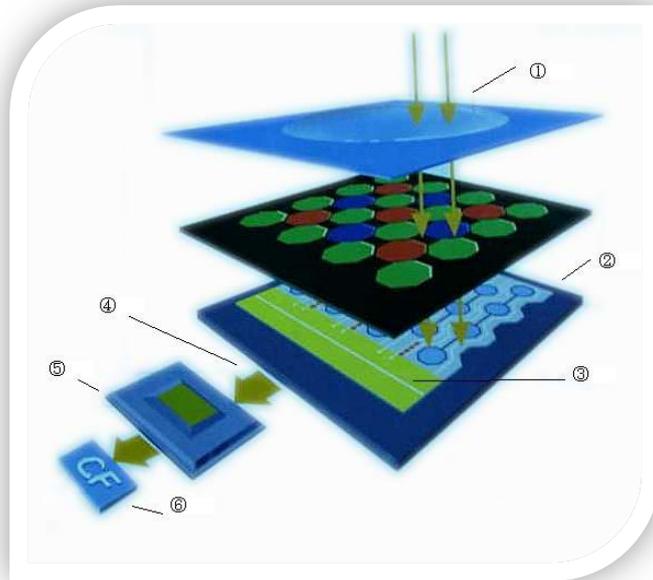


显微镜 CCD/CMOS 的成像原理



上面这张是常见 CCD 相机成像过程的简单描述，现说明一下：

- 1、用相机拍摄景物时，景物反射的光线通过相机的镜头透射到 CCD 上。
- 2、当 CCD 曝光后，光电二极管受到光线的激发释放出电荷，感光元件的电信号便由此产生。
- 3、CCD 控制芯片利用感光元件中的控制信号线路对光电二极管产生的电流进行控制，由电流传输电路输出，CCD 会将一次成像产生的电信号收集起来，统一输出到放大器。
- 4、经过放大和滤波后的电信号被送到 A/D，由 A/D 将电信号（此时为模拟信号）转换为数字信号，数值的大小和电信号的强度即电压的高低成正比。这些数值其实就是图像的数据了。
- 5、不过单依靠第 4 步所得到的图像数据还不能直接生成图像，还要输出到数字信号处理器（DSP）。在 DSP 中，这些图像数据被进行色彩校正、白平衡处理（视用户在相机中的设定而定）等后期处理，编码为相机所支持的图像格式、分辨率等数据格式，然后才会被存储为图像文件。
- 6、最后，图像文件就被写入到存储器上（内置或外置存储器）。

由于相机的采集原理只能是亮或暗两种情况，在较暗或较亮的光线下会丢失部分细节（这种现象叫做“限幅”），并且有时很难纠正。因此，相机在使用单调光、闪光灯等光源拍照时，效果较好，但在色彩较多且光线复杂的情况下，效果与传统相机相比差距较大。

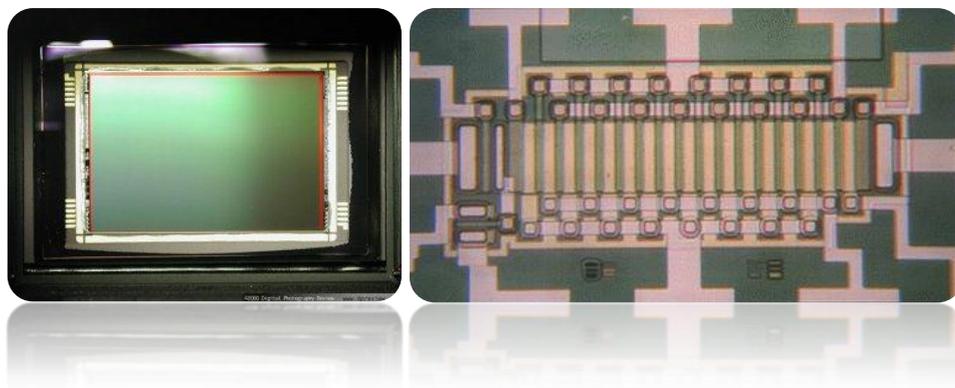
所以，非专业 DC 一般都不能用于大画幅图像的制作。但由于拍摄的图像是以数字形式存储的，可以与多种设备进行信息传输，而且在传输过程中，图像质量并不会受到损失。

而传统相机的卤化银胶片（银盐胶片）可以捕捉连续色调和色彩，而且所拍摄图像的像素远远大于相机的 CCD 元件所采集图像的像素。传统 35mm 胶片解析度一般为每英寸 2500 线左右，相当于 1800 万像素甚至更高，而相机目前还无法达到如此高的分辨率。

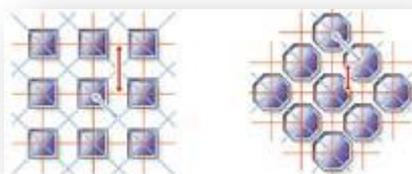
现在的相机所使用的影像传感器有两种，一种是技术比较成熟的 CCD，一种是新兴的代表未来方向的 CMOS。

目前市面上大部分相机使用的影像传感器是 [CCD](#)（Charge Coupled Device），即电荷耦合器，是一种特殊的半导体材料。它是由大量独立的光敏元件组成，这些光敏元件通常是按矩阵排列的，通常以百万像素（megapixel）为单位。相机规

格中的多少百万像素，指的就是 CCD 的分辨率，也就是指这台相机的 CCD 上有多少感光组件。光线透过镜头照射到 CCD 上，并被转换成电荷，每个元件上的电荷量取决于它所受到的光照强度。当你按动快门，CCD 将各个元件的信息传送到 A/D 上，模拟电信号经过 A/D 处理后变成数字信号，数字信号以一定格式压缩后存入缓存内，此时一张数码照片就诞生了。CCD 通常用在相机、DV 和扫描仪上，作为感光的组件。（关于 CCD 到底长得什么模样以及它的组件放大图片，见下面两张）

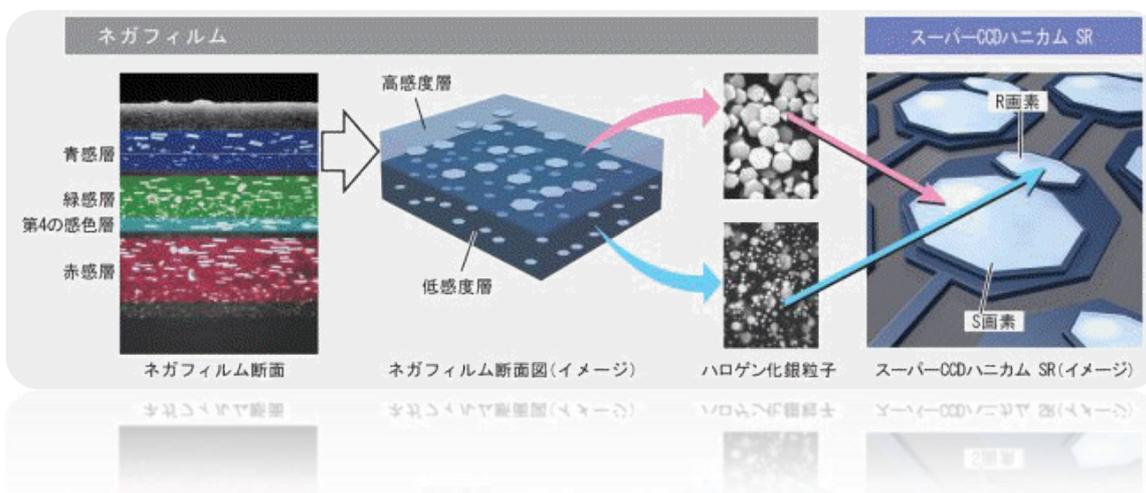


传统 CCD 排列为矩阵，然而这样的作法却限制了在有效面积内提升分辨率的能力。1/1.8CCD 的理想值大约为六百万像素，而在成本和制造良品率的考虑下降低至四百万是合理值。因此，有些厂商很聪明的想出改变 CCD 的排列顺序，藉此想在此范围内增强分辨率。由此产生了一种比较特殊的 CCD，叫 SUPER CCD。它是富士公司独创的，并没有采用常规正方形二极管，而是使用了一种八边形的二极管，像素是以蜂窝状形式排列，并且单位像素的面积要比传统的 CCD 大。将像素旋转 45 度排列的结果是可以缩小对图像拍摄无用的多余空间，光线集中的效率比较高，效率增加之后使感光性、信噪比和动态范围都有所提高。（关于两种 CCD 的排列对比见下图）

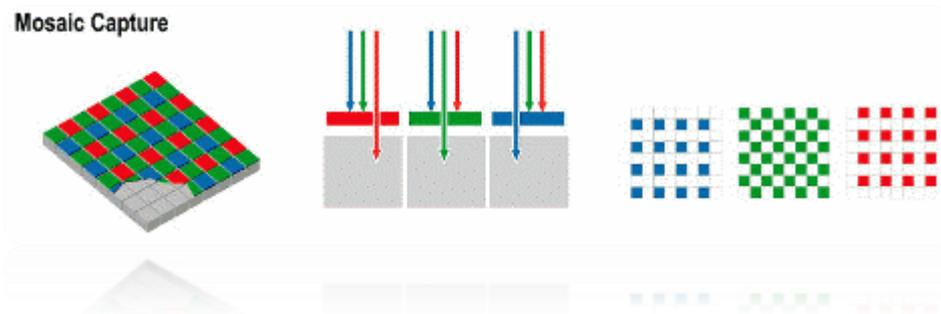


随着用户的要求不断提高，传统的 CCD 技术已经没有办法满足现在使用者对数字影像的需求。为了迎合用户需求，占领市场，近几年一些厂商又推出了几种新的 CCD 技术：

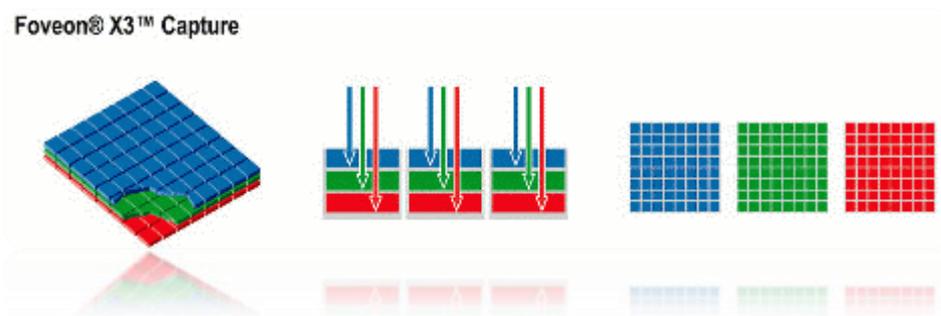
2002 年初，富士发布第三代 Super CCD。2003 年初，富士发布第四代 Super CCD（见下图）



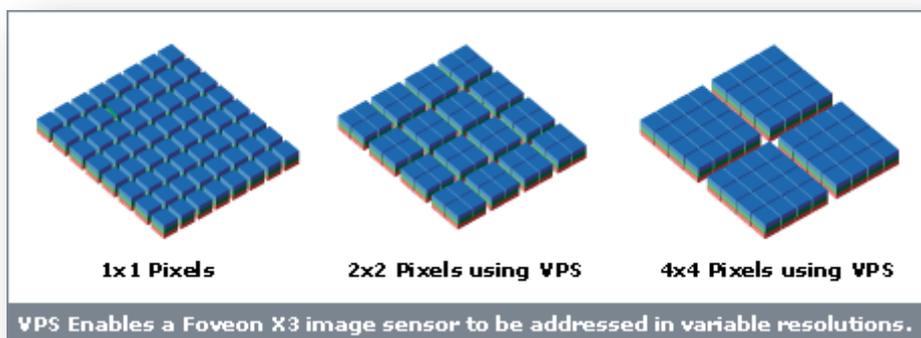
2002年2月，美国 Foveon 公司发布多层感色 CCD 技术。在 Foveon 公司发表 X3 技术之前，一般 CCD 的结构是类似以蜂窝状的滤色版（见下图），下面垫上感光器，藉以判定入射的光线是 RGB 三原色的哪一种。



然而，蜂窝技术（美国又称为马赛克技术）的缺点在于：分辨率无法提高，辨色能力差以及制作成本高昂。也因此，这些年来高阶 CCD 的生产一直被日本所垄断。新的 X3 技术让电子科技成功的模仿“真实底片”的感色原理（见下图），依光线的吸收波长逐层感色，对应蜂窝技术一个像素只能感应一个颜色的缺点，X3 的同样一个像素可以感应 3 种不同的颜色，大大提高了影像的品质与色彩表现。

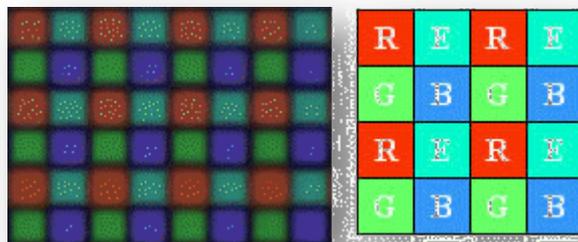


X3 还有一项特性，那就是支持更强悍的 CCD 运算技术 VPS (Variable Pixel Aize)。透过“群组像素”的搭配（见下图）。X3 可以达到超高 ISO 值（必须消减分辨率），高速 VGA 动画录像。比 Super CCD 更强悍的在于 X3 每一个像素都可以感应三个色彩值，就理论上来说 X3 的动画拍摄在相同速度条件下，可能比 SuperCCD III 还来得更精致。



2003 年中期，SONY 发布 4 色感应 CCD。传统的 CCD 为三原色矩阵，新的 SONY CCD 将浅绿色加入。新一代的 CCD 不仅在省电及功率上做文章，对色彩的表现也有了更多的提高。SONY 公司一改以往三色 CCD 的传统，创新推出一个具备“新颜色”的四色过滤 CCD，命名为 ICX456。（4 色分布情况见下图，左图为传统 CCD 的 3 色分布，右图为 ICX456 的 4 色

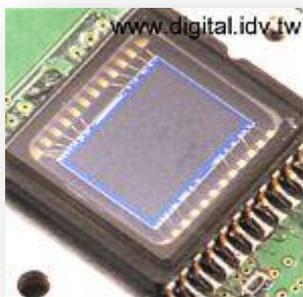
分布) 新增的 E 这个颜色是 Emerald (应该翻译成祖母绿吧)。不同于以往三个原色 RGB, E 这个颜色加强了对自然风景的解色能力, 让绿色这个层次能够创造出更多的变化。应用的效果有点类似喷墨打印机加装淡蓝和洋红这两种淡色, 以期能够增强混色能力与效果, 此外配合新色阶的 CCD, SONY 也开发了新的图像处理器, 不仅有效的减少了 30% 的功率消耗, 更加快了处理速度和绿色色阶分析能力。



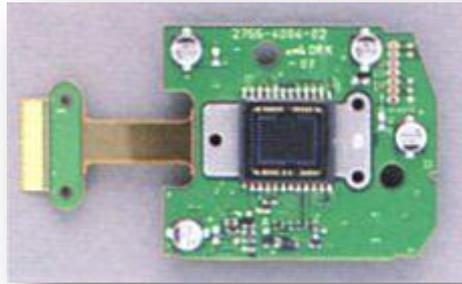
这项发明的特点在于传统的 DC 主要使用 3 色过滤矩阵, 对每一个光点(或称像素)产生 3 种不同颜色的强度: 红色(R), 绿色(G)和蓝色(B)数据, 再将这些数据整合上色, 形成我们所看到的影像。然而, 根据实验指出人类视觉系统对绿色的敏感度要高于其它两种, 这也使传统的 CCD 矩阵对颜色的配比采取了红和蓝各 25%, 绿色 50% 的现象。可是颜色差别仍无法在这样的配比中得到修正, 起因则是人类的视觉比较接近模拟效果, 而非切割成数字阶层。为了让风景的颜色更加逼真, SONY 这项技术有效的将深绿、浅绿分别导引取样, 对绿色的忠实再现有很大的助益。

后面补充说明一下 CCD 的基础结构:

好奇的人可以把 DC 拆开仔细看看 CCD 的样子, 不过, 我可不能保证你一定装得回去, 请三思而后行。下图是美能达 Di MAGE 7 的 CCD 感光组件的近摄特写。



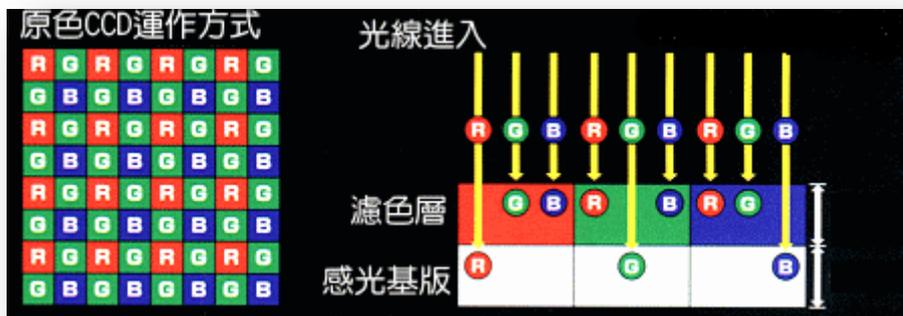
事实上绝大多数的 DC 说明书里, 都以这种方式描述 CCD。在某方面来说, 容易误导用户以为 CCD 只是一块芯片而已。但实际上 CCD 是和处理器做成一个完整的组件(见下图)。这样的设计可以确保 DC 的组件化, 降低维修和检查的成本(也就是说可以运用计算机检测组件运作, 一旦自我检查出特定组件问题, 直接更换整个组件, 而不需要再一个个去测试单体, 简单省事, 这也是 DC 维修费用居高不下的一个原因)。

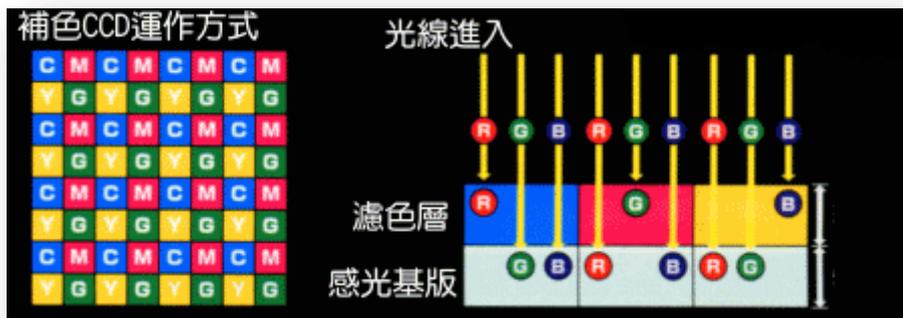


如果切开 CCD，会发现 CCD 的结构就像三明治一样，第一层是微型镜头，第二层是分色滤色片，以及第三层感光汇流片。为什么“镜头”会直接做在 CCD 上呢？其实，这应该是英语翻译上的问题，具体原因我也不太清楚。ON-CHIP MICRO LENS 是 1980 年初由 SONY 领先发展出来的技术。这是为了有效提升 CCD 的像素，又要确保单一像素持续缩小以维持 CCD 的标准体积。因此必须扩展单一像素的受光面积。但利用提高开口率来增加受光面积反而使画质变差。所以开口率只能提升到一定的极限，否则 CCD 将成为劣质品。为改善这个问题，SONY 率先在每一个感光二极管上（单一像素）装置了微小镜片。这个设计就像是帮 CCD 挂上眼镜一样，感光面积不再因为传感器的开口面积而决定，而改由微型镜片的表面积来决定。如此一来，可以同时兼顾单一像素的大小，又可在规格上提高了开口率，使感光度大幅提升。（见下图）



CCD 的第二层是分色滤色片，目前有两种分色方式，一是 RGB 原色分色法，另一个则是 CMYK 补色分色法，这两种方法各有利弊。不过以产量来看，原色和补色 CCD 的比例大约在 2: 1 左右。原色 CCD 的优势在于画质锐利，色彩真实，但缺点则是噪声问题。因此一般采用原色 CCD 的 DC，在 ISO 感光度上多半不会超过 400。相对的补色 CCD 多了一个 Y 黄色滤色器，在色彩的分辨上比较仔细，但却牺牲了部分分辨率，而在 ISO 值上，补色 CCD 可以容忍较高的感度，一般都可设定在 800 以上。（关于这两种分色方式见下图）





CCD 的第三层是感光汇流片，这层主要是负责将穿透滤色层的光源转换成电子信号，并将信号传送到影像处理芯片，将影像还原。

最后说一下 CMOS：

CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) 即互补性金属氧化物半导体，其在微处理器、闪存和特定用途集成电路 (ASIC) 的半导体技术上占有绝对重要的地位。CMOS 和 CCD 一样都是用来感受光线变化的半导体。CMOS 主要是利用硅和锗这两种元素所作成的半导体，通过 CMOS 上带负电和带正电的晶体管来实现基本的功能的。这两个互补效应所产生的电流即可被处理芯片记录和解码成影像。

因为 CMOS 结构相对简单，与现有的大规模集成电路生产工艺相同，从而生产成本可以降低。从原理上讲，CMOS 的信号是以点为单位的电荷信号，而 CCD 是以行为单位的电流信号，前者更为敏感，速度也更快，更为省电。现在高级的 CMOS 并不比一般 CCD 差，但目前 CMOS 技术发展还不成熟，这种高质量的 CMOS 还只应用于专业级别的数码相机上，许多低档入门型的数码相机使用的是廉价低档的 CMOS，其成像质量比较差。最大的缺点就是太容易出现噪点，这主要是因为早期的设计使 CMOS 在处理快速变化的影像时，由于电流变化过于频繁而产生过热的现象。所以目前如果购买消费级数码相机还是要选择以 CCD 为影像传感器的。