

大面阵图像传感器勾勒未来

这些图像传感器擅长在尽可能大的区域内获取最大量的图像数据。但它们也有一些需要注意的问题。

JOSÉ ÁNGEL SEGOVIA DE LA TORRE, TELEDYNE e2v公司; MATTHEW KÖSE-DUNN, TELEDYNE PHOTOMETRICS公司

概述

传感器制造商通过缩减像素大小，增加像素数量，不断寻求提高产品的分辨率和性能。然而，一些应用需要大面阵传感器和独特结构，以便在挑战性条件下捕捉图像。



包含大像素（即大于10微米）的大面阵成像仪通常用于天文学以及其他像素之间的光照有很大差异，或灵敏度是关键应用参数，只能通过大像素实现的应用。Teledyne提供。

包含大像素的大面阵传感器通常用于天文学、活体成像、x射线和显微镜等应用，是像素之间的光照有很大差异，或者灵敏度是关键应用参数，只能用大像素实现的应用所需要的。这里的“大”是指尺寸大于10微米。

CCD还是CMOS

在机器视觉行业，一个长期存在的争论围绕着CCD和CMOS图像传感器的比较优势展开。过去，CCD传感器在高质量成像上被认为优于CMOS。然而，在手机相机CMOS传感器上的大量投资的推动下，CMOS现在已经成为主导技术。事实上，索尼在2015年就停止了CCD的生产，并将在2026年停止对CCD的支持。

然而，CCD传感器在某些应用中仍然具有优势，例如光谱学，它们能在其中提供高量子效率和低暗电流，使得它们成为需要更长曝光时间时的最佳选择之一。然而，CCD传感器通常具有较慢的读取时间和较高的读取噪声，这限制了它们在需要高速成像或单分子灵敏度水平的应用中的运用。CMOS技术也已经进步到与CCD传感器的高量子效率相匹配，同时提供相当的暗电流。CMOS技术的复杂性使其难以扩展到更大的幅面，但技术的改进克服了这一缺点。

大像幅传感器在CMOS和CCD的讨论中呈现出自己的亮点。诸多使用大型传感器的低光应用需要对传感器进行冷却，以减少长时间曝光过程中的暗电流。这些大尺寸传感器特别是CMOS芯片的热管理是困难的，这使得CCD看起来更适合需要更长曝光时间的应用。

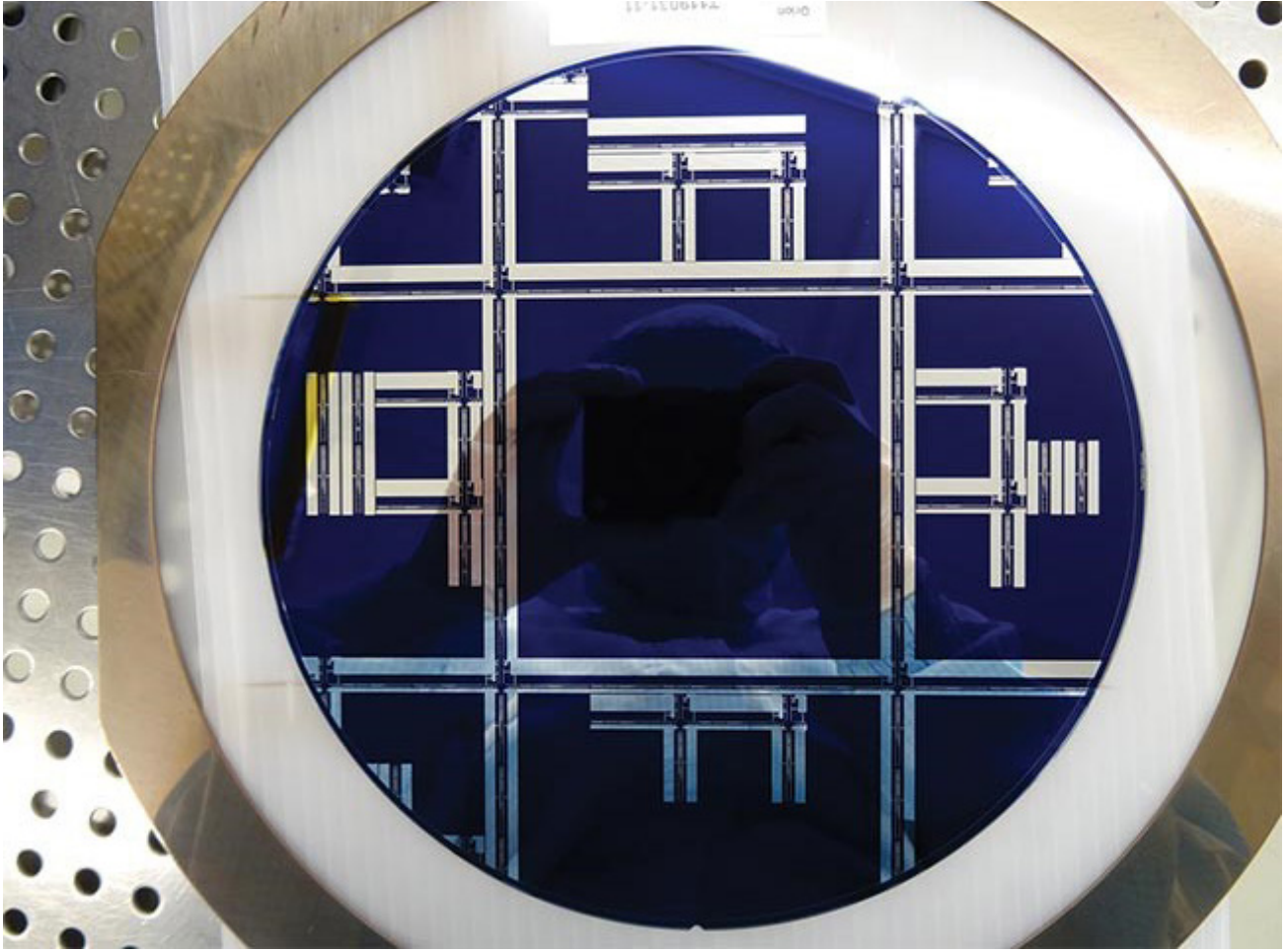
过去的几年，在开发具有低功耗采集模式的大面阵低噪声CMOS图像传感器方面取得了许多进展。该技术带来了在长曝光模式下大幅降低功耗的可能性，从而相应地减少暗电流。

此外还开发了新技术来减轻大型CMOS传感器的辉光效应。这种效应会限制暗电流的减少，因为在有源偏置条件下，传感器本身会发出少量的光。Teledyne与其合作伙伴合作进行技术开发，通过使用浅沟槽和铝层来阻挡传感器产生的光，减少暗电流的产生及其影响。

大面阵的优点

世界朝着让一切更小、更快、更便宜的方向发展，为什么大面阵传感器会受到青睐呢？其优点是什么？

小型传感器意味着使用小像素。但是在像素之间的光照有很大差异，或者灵敏度是关键参数，只能通过大像素实现的应用中，这样的结构表现就不太好了。大像素能够提供更高的满阱容量，且在读出噪声较低的情况下增加动态范围。



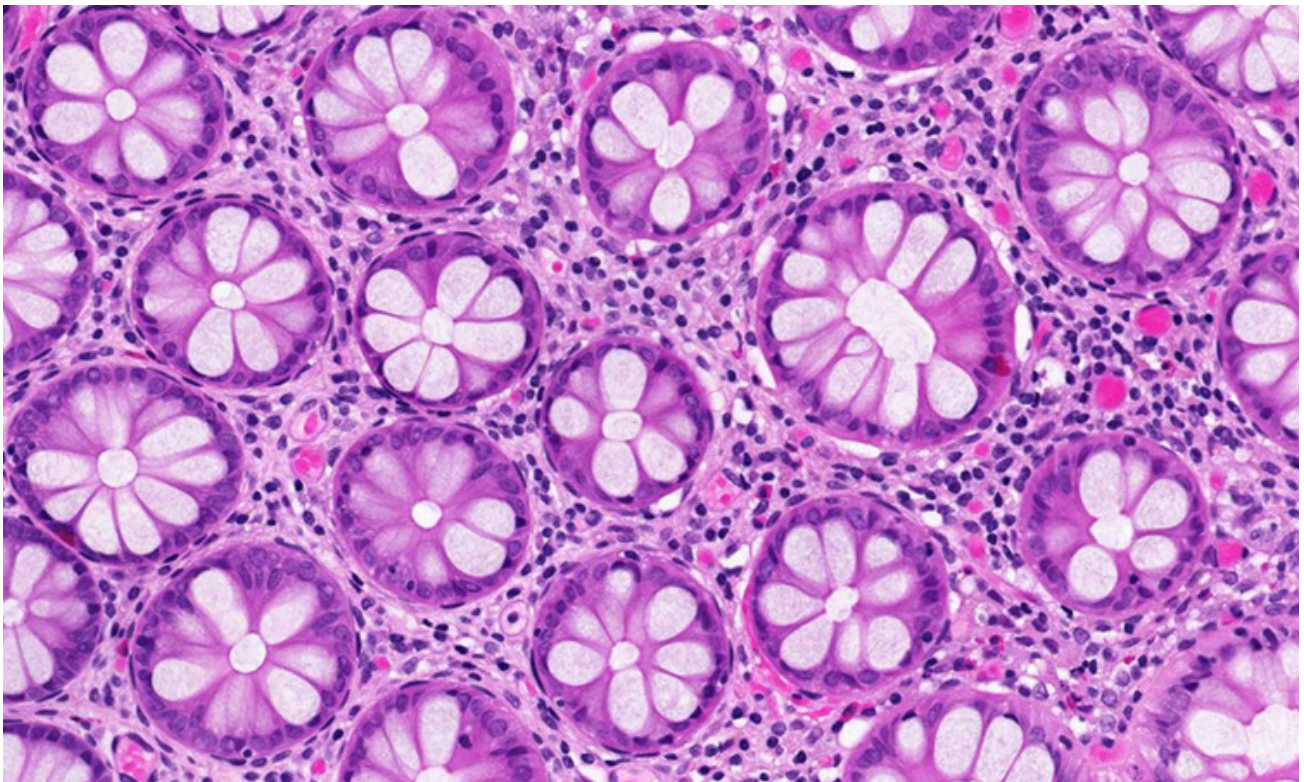
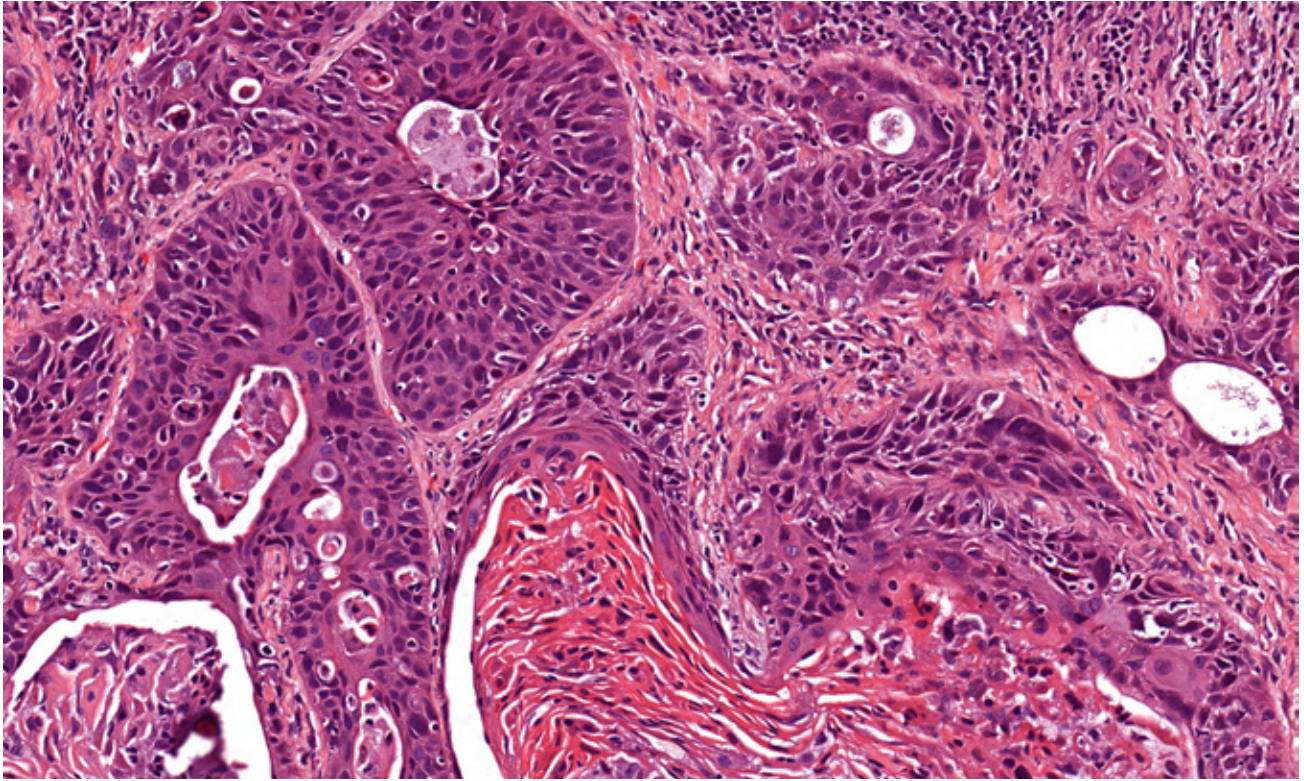
与芯片级设备不同，大面阵成像传感器对晶圆级缺陷非常敏感。传感器供应商通过采用比汽车市场更严格的制造设计规则来减轻这些缺陷的潜在影响。Teledyne提供。

大面阵图像传感器能做到小型传感器无法实现的性能。除了能够实现更高的传感器集成，它们还可以在更大的视场内实现更高的分辨率，这取决于像素大小。这在对大尺寸样本进行高分辨率成像时非常重要，例如在显微镜、天文学和x射线成像中。拥有高分辨率的传感器还可以在保持高图像质量的情况下放大图像。

大面阵传感器的利弊

小像素尺寸意味着每个像素捕获的光子更少。因此，传感器上的像素大小直接与其灵敏度相关。由于传感器的面积是像素大小的平方，即使是像素尺寸的轻度变化也会迅速转化为更高或更低的灵敏度。当良好的光照可以帮助补偿较低的响应时的机器视觉应用，灵敏度可能影响不大，但对于缺乏主动光照的传感和科学应用，灵敏度非常重要。

然而，大面阵传感器也有一些缺点。由于芯片良率和封装方面的考虑，它们的成本通常更高，甚至比使用多个更小的传感器还高。



临床前活体成像受益于更大的传感器和像素尺寸，不仅仅因为它们允许在每帧内对整个对象进行成像，还因为更大的像素允许捕获大量的光。由于临床前体内成像受到可用光线的极大限制，因此需要较长的成像曝光时间。因此，这种成像经常使用大面阵CCD传感器和相机。Teledyne提供。

芯片级传感器对晶圆缺陷的灵敏度也较低。晶圆上的单个缺陷可能产生单个不良器件，更小的传感器可以由来自同一晶圆上的另一个传感器代替。相比之下，替换晶圆级传感器则需要一个全新的晶圆和制造流程。大面阵成像传感器还会产生更高的封装成本，因为维持封装规格所需的工具更昂贵。此外，小型传感器和封装的市场规模更大，这通常会带来生产成本方面的规模经济优势。

对集成的影响

大面阵传感器的尺寸不一定会影响集成。高像素数并不意味着传感器具有大物理尺寸。例如，佳能的250万像素传感器实际上比普通的全帧传感器更小，因此可以轻松地与现有的光学或镜头集成。更大的传感器通常有利于与望远镜上的大焦平面一起使用，或在不使用光学器件的情况下直接成像时使用，如x射线应用。

然而，大规模传感器的集成具有独特的含义，必须在设计过程中予以考虑。

如前所述，晶圆级传感器对晶圆缺陷非常敏感，这使得生产良率成为重要的考虑因素。Teledyne DALSA和其他传感器供应商通过采用甚至比汽车市场使用的更严格为制造设计（DFM）规则，提高了大规模传感器的可靠性。此外，专利保护的冗余技术被用于提高模数转换器和外围传感器电路的良率可靠性。

大面阵应用

线扫描相机通常受到诸如在传送带上检查货物这类应用的青睐，在这些场景中，协议是明确定义的，成本效益为优先考虑。成像任务需要在尽可能大的区域内最大限度地获取数据，因此需要大面阵传感器。

例如，临床前活体成像受益于更大的传感器和像素尺寸，不仅仅因为它们允许在每帧内对整个对象进行成像，还因为更大的像素允许捕获大量的光。由于临床前活体成像受到可用光线的极大限制，操作中需要长时间的成像曝光。因此，这类成像经常使用大面阵CCD传感器和相机。

事实上，大面阵图像传感器的尺寸高度依赖于应用的需求。例如，电子显微镜对传感器的尺寸施加了限制。更大的传感器可以提供更好的细节，但它们需要放置在离显微镜更远的地方以实现正确的聚焦，这又限制了传感器的尺寸。

三维叠栈技术是一种扩展图像传感器尺寸的新方法。它提供了在像素阵列下集成所有外围电路的可能性，并为创建由多个较小设备组成的相邻对接的大规模图像传感器创造出新的机会。尽管目前的设计在每边施加了大约200微米的盲区，但在未来几年内，持续的进步将减少该区域，并允许开发几乎零盲区的对接设备。

随着成像技术应用的发展，实现这些应用的传感器和相机也在发展。从基因治疗到天文学，各种用例继续推动着大面阵传感器的边界，并将通过研究和开发带来更大的技术进步。

走近作者

José Ángel Segovia de la Torre是Teledyne e2v公司的资深首席工程师，负责图像传感器的技术开发。他撰写了数篇关于该主题的论文，积极参与前沿传感器的开发。

Matthew Köse-Dunn博士是Teledyne Photometrics公司的内容经理和应用专家。他具有显微镜、生命科学研究和内容生成等领域的专长。Köse-Dunn主持Teledyne的“相机之下的科学”播客。

本文最初发表在Photonics Spectra。