



技術文章

Advanced CCD image sensors become increasingly relevant as end application requirements become more demanding

隨著終端應用要求更加嚴苛， 先進的 CCD 圖像感測器變得日益關鍵

***By: Michael DeLuca, Product Marketing Manager, Industrial Solutions Division,
Image Sensor Group, ON Semiconductor***

作者：安森美半導體圖像感測器事業部工業解決方案部門產品行銷經理 Michael DeLuca

While image sensors based on CMOS technology are widely used in many applications, some demanding industrial imaging applications still require the performance exclusively available from CCD image sensors.

儘管基於 CMOS 技術的圖像感測器在許多應用中已得到廣泛應用，但一些要求嚴苛的工業成像應用仍需要 CCD 圖像感測器獨有的性能。

As one example, critical end-of-line inspection of flat panel displays continues to be performed largely by cameras using CCDs because of the high resolution and excellent image uniformity they provide – a combination not currently available with CMOS image sensor technology.

舉一個例子，關鍵的平板顯示器生產線終端檢測仍然主要由採用 CCD 的相機來執行，因為它們能提供高解析度和出色的圖像均勻性，這是目前 CMOS 圖像感測器技術無法提供的。

This type of inspection is routinely carried out today using cameras based on devices such as the 29 megapixel (Mp), 35 mm optical format KAI-29050 image sensor from ON Semiconductor. However, the increasing resolution of flat panel displays calls for a corresponding increase in the resolution of the cameras used to inspect them. To meet this need while retaining a standard 35 mm optical format, new pixel designs are required that reduce pixel size while retaining the critical performance and image uniformity specifications needed in these applications.

這一類的檢測通常由使用基於安森美半導體的 2900 萬圖元(Mp) , 35 mm 光學格式的 KAI-29050 圖像感測器等器件的相機來執行。然而，平板顯示器解析度越來越高，用來檢測它們的相機解析度也需要相應的提升。為滿足這一需求並保留標準的 35 mm 光學格式，需要既能減小圖元尺寸，同時又能保留應用所需的關鍵性能和圖像均勻性規格的全新圖元設計。

The need for high performance, high resolution imaging

對高性能、高解析度成像的需求

Today, imaging drives productivity benefits in industrial applications ranging from traffic monitoring and license plate recognition to barcode scanning, robot guidance, machine vision, and more. While each application has unique needs – some requiring high frame rate, others broad dynamic range, low light sensitivity, or a different critical parameter – some applications primarily require the highest level of image detail, calling for development of image sensors with very high resolution.

如今，成像推動了工業應用的生產力效益，從交通監控、車牌識別，到條碼掃描、機器人引導、機器視覺等等。儘管每種應用都有其獨特的需求（一些需要高畫面播放速率，另一些需要寬動態範圍、微光靈敏度或某個不同的關鍵參數），一些應用主要需要最高級別的圖像細節，要求開發具有非常高解析度的圖像感測器。

A good example is the end-of-line inspection of flat panel displays, a process which confirms the proper operation of the red, green, and blue sub-elements present in each display pixel. As the use of displays in mobile devices, tablets, televisions, vehicles, monitors, and more continues to expand, the resolution of these displays is increasing as well – moving from 1080p to 4k / Ultra HD and beyond. This presents unique demands on the cameras used to inspect these displays during manufacture, which need to provide the detail needed to resolve the additional pixels and substructures present in the displays without sacrificing the image quality and uniformity required for this application.

一個很好的例子是平板顯示器的生產線終端檢測，這個流程是要確認每個顯示圖元中紅、綠和藍三個子元素都能正常工作。隨著顯示器的應用在移動設備、平板電腦、電視機、車輛、監控器等更多領域中不斷擴展，這些顯示器的解析度也在不斷提高，從 1080p 到 4k/超高清，甚至更高。這對在製造過程中用於監測這些顯示器的相機提出了獨特的要求，它需要提供能夠分解顯示器中存在的附加圖元和子結構所需的細節，而無需犧牲該應用所需的圖像品質和均勻性。

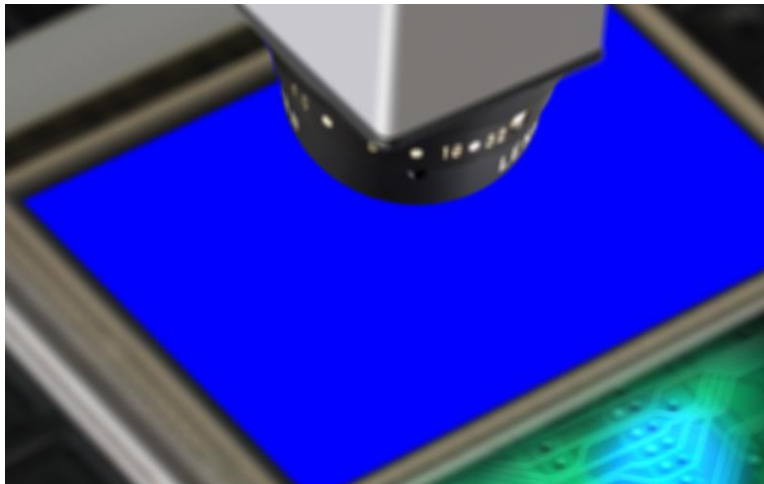


Figure 1: Inspecting a flat panel display with a camera

圖 1：用相機檢測平板顯示器

Other examples of high resolution imaging are high-end surveillance (capturing a wide field of view at resolutions sufficient to zoom in on any one location) and aerial photography (where higher resolution provides additional imaging detail, or allows airplanes to fly higher and reduce flight times). But in all of these cases, the applications require not only very high resolution, but

also very high image quality, as measured by specifications such as image uniformity, noise, dynamic range, and more.

高解析度成像的其它例子还包括高端监控（以足够放大任何一个位置的解析度采集宽阔视域图像）和航拍（更高的解析度可提供额外的成像细节，或让飞机能够飞得更高并减少飞行次数）。但是在所有这些例子中，应用不仅需要非常高的解析度，而且还需要非常高的图像品质，可通过图像均匀性、杂讯、动态范围等规格来衡量。

Because of this combined need, this set of applications has historically relied on image sensors based on Interline Transfer CCD (ITCCD) technology, which allows critical imaging performance parameters to be retained even when scaling to large optical formats. This technology enables image capture with very high image uniformity, and a true Global Shutter design enables the capture of moving scenes without the introduction of imaging artifacts. In addition, the broad exposure range and low dark current available in the technology enable image exposures that range from only a few microseconds to a second or more.

鑒於這種綜合需求，這套應用一直以來憑藉基於 Interline Transfer CCD（ITCCD）技術的圖像感測器，即使擴展到大的光學格式，它也能保留關鍵的成像性能參數。這一技術能夠以非常高的圖像均勻度捕獲圖像，且真正的全域快門設計能夠捕獲運動場景，而不會引入成像偽影。此外，該技術可提供寬曝光範圍和低暗電流，能夠實現從幾微秒到一秒或更長時間範圍內的圖像曝光。

Interline Transfer CCD technology has been used for the development of high resolution, large format image sensors for over 15 years, with resolutions increasing over this time as required by the market. In 2003, for example, the KAI 11000 image sensor provided 11 megapixels of resolution in a 35 mm optical format; but by 2011 this same optical format supported almost three times the resolution.

Interline Transfer CCD 技術用於開發高解析度、大格式圖像感測器已超過 15 年，其解析度隨市場需要逐漸提高。例如，2003 年的 KAI-11000 圖像感測器以 35 mm 光學格式提供 1100 萬圖元的解析度；但到 2011 年，這種相同的光學格式幾乎可支援三倍的解析度。

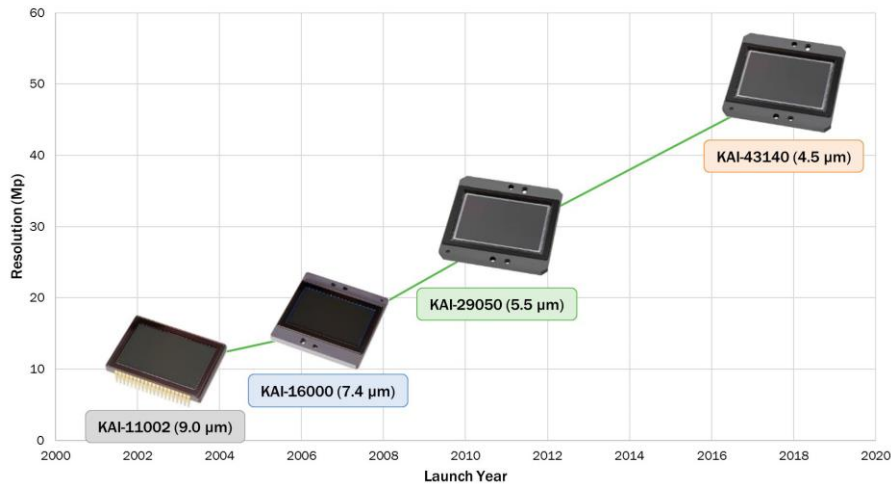


Figure 2: Increasing ITCCD resolution at 35 mm optical format

圖 2 : 35 mm 光學格式下 ITCCD 解析度的提升

This progression of increased resolution while retaining optical format is critical to enabling simplified field upgrades of cameras used in these applications, as both camera placement and lenses used can be retained as higher resolution cameras are deployed.

在保留光學格式的同時提高解析度的這種進步，對於實現這些應用中採用相機的簡化的現場升級非常重要，因為在部署更高解析度的相機時，相機的放置位置和鏡頭都無需變動。

Stringent requirements lead to significant design challenges

嚴苛要求帶來重大設計挑戰

In order to increase resolution from the 29 megapixels available in a device like the KAI-29050 while still retaining a 35 mm optical format, a smaller pixel format is required – one that allows more pixels to be placed in a given area. But to simultaneously maintain key imaging

parameters such as image uniformity, dynamic range, and noise floor in this smaller pixel, advances are needed in the pixel design beyond simply reducing its size.

為了在保留 35 mm 光學格式的同時，將器件（例如 KAI-29050）的解析度從現有的 2900 萬圖元繼續提升，就需要更小的圖元格式，以便將更多圖元放置於給定區域中。但為同時保留這一較小圖元中的關鍵成像參數，如圖像均勻性、動態範圍和底噪，除了簡單地縮小尺寸外，還需要提升圖元設計。

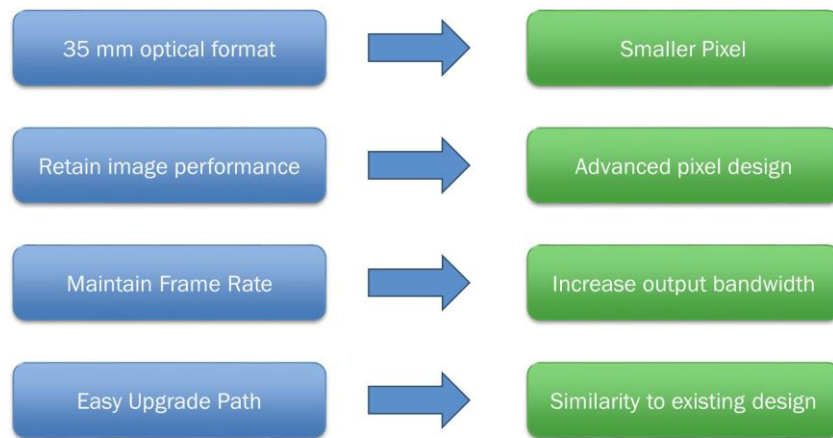


Figure 3: Design challenges

圖 3：設計挑戰

With additional pixels in the device, the overall frame rate will be reduced unless the output bandwidth of the device can be increased – which may be required for some applications. And maintaining backward compatibility with existing sensors and cameras can be vital to help simplify the upgrade path needed by both camera manufacturers and end customers to support and adopt a new device.

隨著器件中圖元的增加，除非器件的輸出頻寬能夠增加，否則總體畫面播放速率將會降低（這可能也是某些應用所需要的）。維持與當前感測器和相機的向後相容對於說明相機製造商和終端客戶簡化所需的升級路徑以支援並採用新器件至關重要。

35 mm optical format high performance ITCCD sensor

35 mm 光學格式高性能 ITCCD 感測器

The KAI-43140 image sensor from ON Semiconductor provides an example of how these design challenges can be met to provide increased resolution in a 35 mm format for these demanding applications. The new device leverages a new 4.5 μm ITCCD pixel to provide 43 megapixels in the 35 mm optical format, a 50% increase compared to the popular 29 megapixel KAI-29050. Yet even with this smaller pixel size, key imaging performance levels are retained (including high smear rejection and linear dynamic range over 60 dB), and image uniformity has actually been improved through the use of an advanced process design that eliminates an entire class of uniformity artifacts.

安森美半導體的 KAI-43140 圖像感測器提供了如何滿足這些設計挑戰，以 35 mm 格式為要求嚴苛的應用提供更高解析度的範例。新器件採用全新的 4.5 μm ITCCD 圖元，以 35 mm 光學格式提供 4300 萬圖元，相較于廣泛應用的 2900 萬圖元 KAI-29050，解析度增加了 50%。然而，即使採用這種較小的圖元尺寸，關鍵的成像性能水準任然得以保留（包括高拖尾抑制和超過 60dB 的線性動態範圍），並且通過採用先進工藝設計，消除整個類別下的均勻性偽影，圖像均勻性得到實際的提升。

Updated output amplifiers increase bandwidth available from the 4-tap device by 50%, providing the same final frame rate as the 29 Mp device despite the increased resolution. And as the KAI-43140 remains based on ITCCD technology, it retains features such as electronic shutter and broad exposure support that are hallmarks of this technology.

更新了的輸出放大器可將 4 分接頭器件的頻寬增加 50%，儘管解析度提高，卻仍可提供與 2900 萬圖元器件相同的最終畫面播放速率。由於 KAI-43140 仍基於 ITCCD 技術，因此它保留了電子快門和廣泛曝光支援等特性，這些都是該技術的標誌性特性。

Critically, the KAI-43140 uses the same package as the KAI-29050, allowing existing camera designs to support the new device with only minor electrical changes. This significantly reduces design risk for camera manufacturers as well as enabling them to deliver cameras that feature the increased resolution and performance to market more quickly, and with lower cost.

重要的是，KAI-43140 採用與 KAI-29050 相同的封裝，讓當前的相機設計僅需稍作電氣變更即可支援新器件。這大大降低了相機製造商的設計風險，並使他們能夠以更低的成本更快地將具有更高解析度和性能的相機投入市場。

Summary

總結

Developing imaging sensors to meet the demanding needs of advanced industrial applications requires far more than simply 'shoehorning' more pixels into a smaller package. Through the use of advanced pixel designs, it is possible to provide increased resolution at a given optical node without sacrificing needed performance.

開發滿足高級工業應用嚴苛要求的成像感測器，需要的遠不止簡單地將更多圖元“拽”到更小的封裝中。通過採用先進的圖元設計，可以在給定光節點提供更高的解析度而無需犧牲所需的性能。

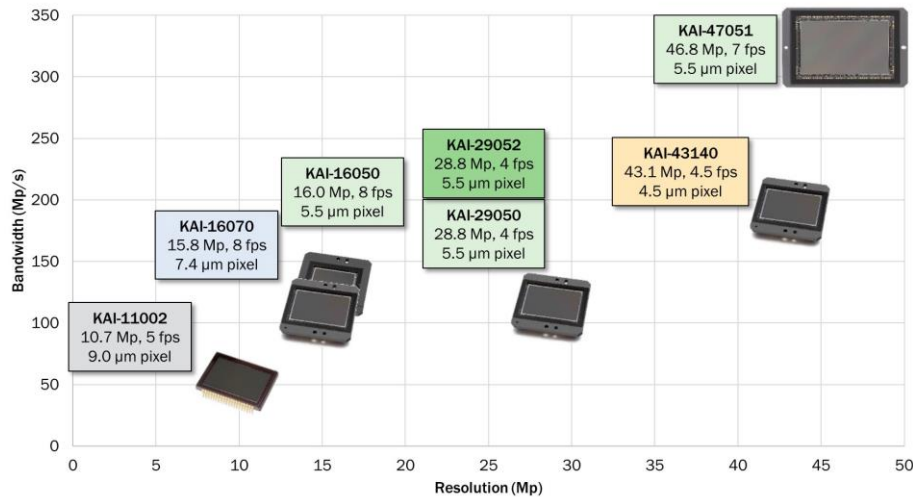


Figure 4: Large format ITCCD image sensors from ON Semiconductor

圖 4 : 安森美半導體的大格式 ITCCD 圖像感測器

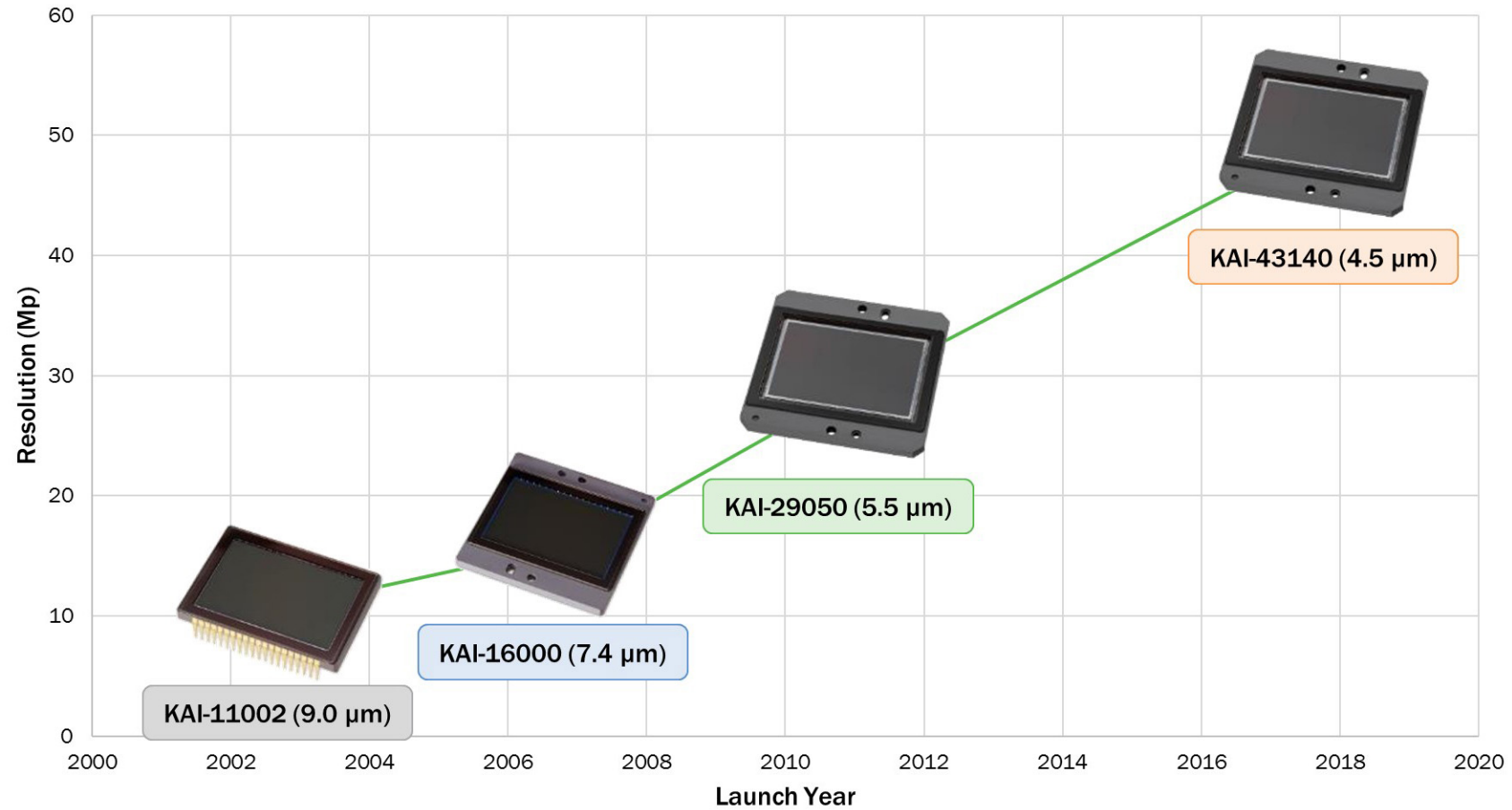
But even with these improvements, it is important to recognize that the “latest” imaging device is not necessarily the “best” for all applications – even when focusing on applications requiring very high resolution. Having different options available not only for resolution but also for parameters such as light sensitivity, dynamic range, frame rate – and even price – can be critical in identifying the image sensor (and the imaging technology) that is best matched to a given application. This highlights the importance in having access to a broad portfolio of devices (even when focusing on a specific set of applications such as those requiring very high resolution), and reinforces the need for continued development of new products using technologies such as Interline Transfer CCD.

然而即使有了這些提升，重要的是要認識到“最新”的成像器件並不一定是適用於所有應用的“最佳”器件（即使是針對需要非常高解析度的應用）。不僅針對解析度擁有不同的選擇，而且針對光靈敏度、動態範圍、畫面播放速率、甚至價格等參數擁有不同的選擇對於確定最合適某個給定應用的圖像感測器（和成像技術）是至關重要的。這凸顯了擁有廣泛器件產品陣容的重要性（即使是專注於一組特定的應用，如需要非常高的解析度），並強調了使用 Interline Transfer CCD 等技術持續開發全新產品的需求。

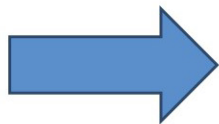
随着终端应用要求更加严苛，先进的 CCD 图像传感器变得日益关键
- 10 -

- 結束 -



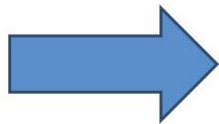


35 mm optical format



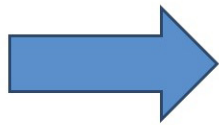
Smaller Pixel

Retain image performance



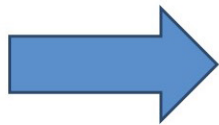
Advanced pixel design

Maintain Frame Rate

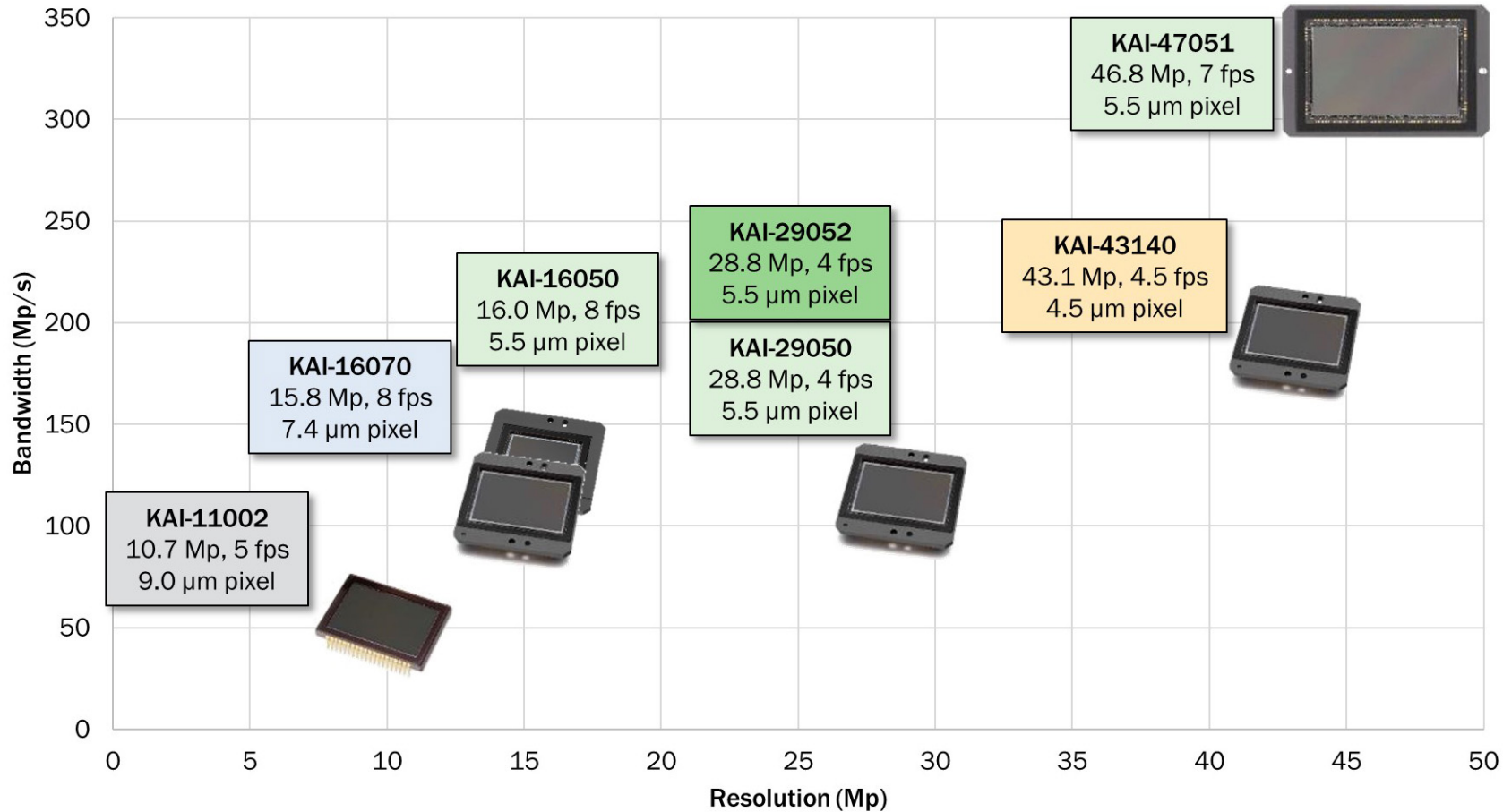


Increase output bandwidth

Easy Upgrade Path



Similarity to existing design



終端應用要求漸趨嚴苛

先進CCD影像感測器 成為日益關鍵

平板顯示器解析度越來越高，檢驗相機的解析度亦需要隨之提升。為滿足此類需求並保留標準的35mm光學格式，需要既能縮小像素尺寸，同時保留應用所需的關鍵性能和影像均勻性的全新像素設計。

文／Michael DeLuca

關鍵字／ CCD、影像感測器、ITCCD、顯示器、光學格式、動態範圍

儘管基於CMOS（Complementary Metal-Oxide-Semiconductor）技術的影像感測器在許多應用中已獲得廣泛應用，但一些要求嚴苛的工業成像應用仍需要CCD（Charge Coupled Device）影像感測器獨有的性能。

舉例來說，重要的平板顯示器生產線終端檢驗仍主要採用CCD的相機來執行，因為它們能提供高解析度與出色的影像均勻性，這是目前CMOS影像感測器技術所無法提供的。

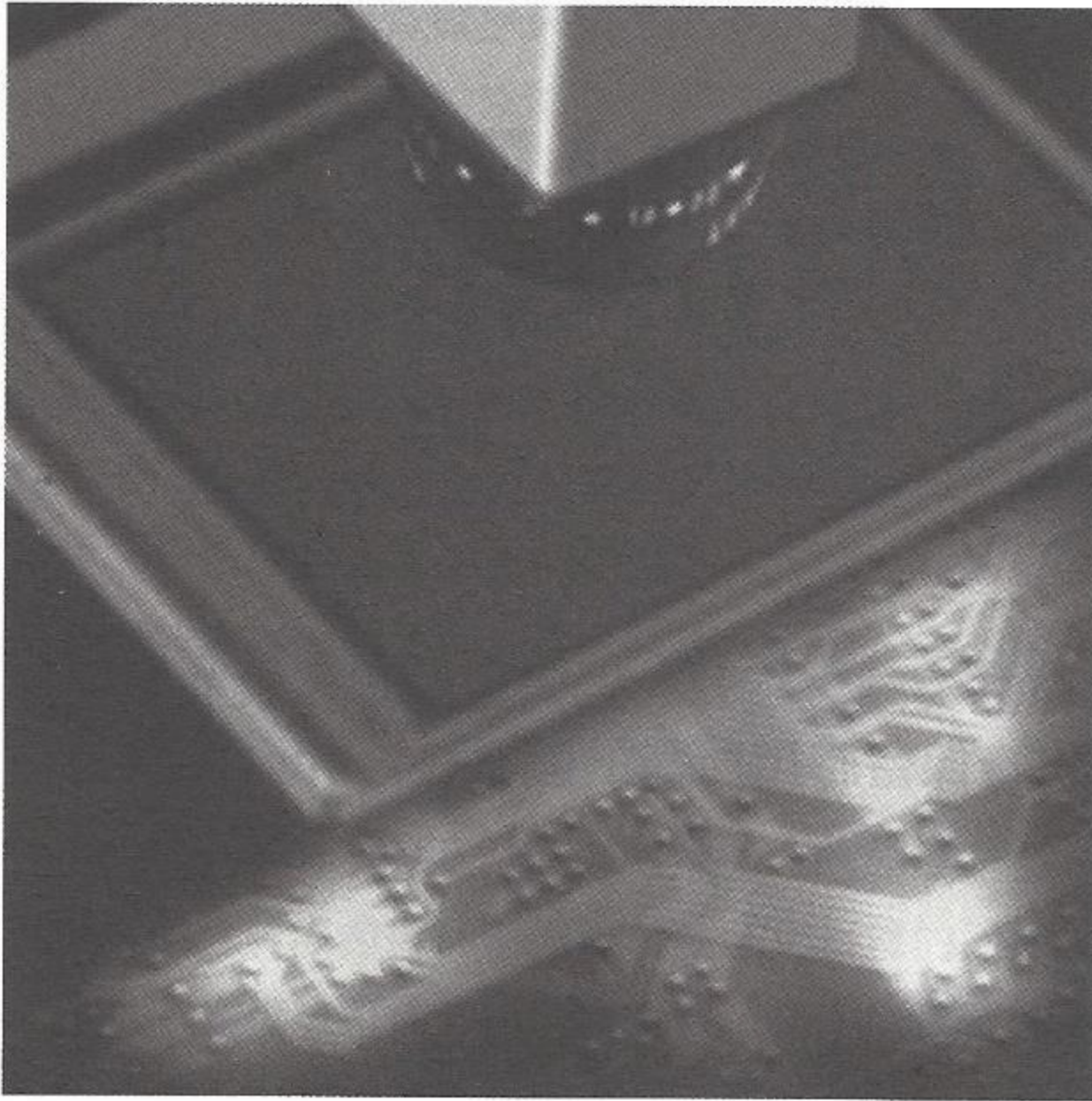
此類型的檢驗通常由運用安森美半導體2900萬像素（Mega Pixels；Mp），35mm光學格式的KAI-29050影像感測器等元件的相機來進行。

然而，平板顯示器解析度越來越高，檢驗相機的解析度亦需要隨之提升。為滿足此類需求並保留標準的35mm光學格式，需要既能縮小像素尺寸，同時保留應用所需的關鍵性能和影像均勻性的全新像素設計。

對高性能、高解析度成像的需求

如今，成像推動工業應用的生產效益，從交通監視器、車牌識別，到條碼掃描、機器人引導、機器視覺等等。儘管每種應用都有其獨特的需求，有些需要高影格率（high frame rate），另一些則需要寬動態範圍、光線靈敏度或不同的關鍵參數，而另一些應用主要需要最高級別的影像細節，要求開發具備非常高解析度的影像感測器。

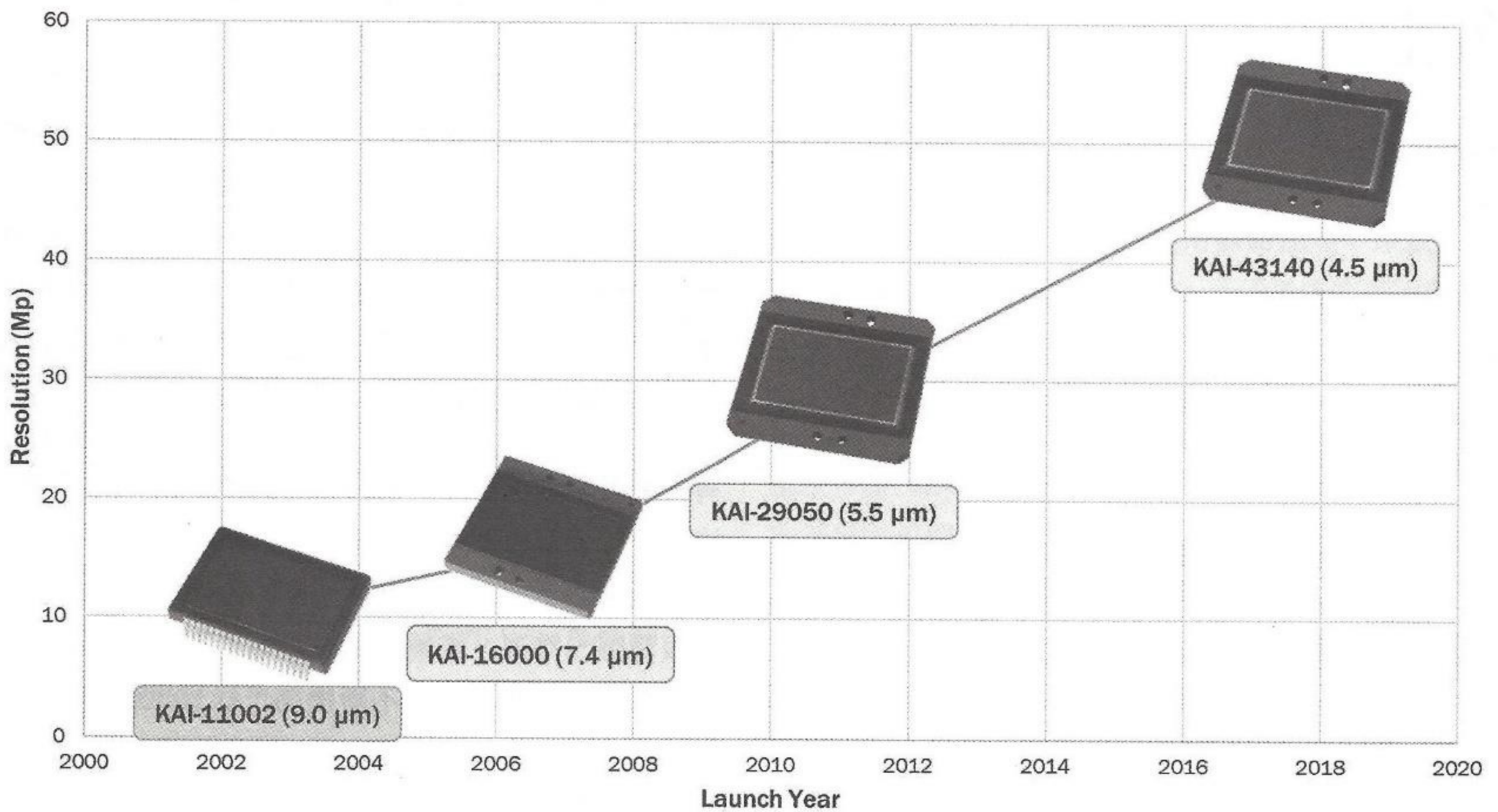
有一個很好的例子是平板顯示器的生產線終端檢驗，這個流程確認每個顯示像素中紅、綠和藍三個子元素都能正常顯示運作。隨著顯示器的應用在行動裝置、平板電腦、電視、車輛、監視器等更多領域中不斷擴展，顯示器的解析度亦不斷提高，從1080p到4k / 超高解析，甚至更高。這對在製造過程中用於監測顯示器的相機提出獨特的要求，需要提供能夠分析顯示器中附加像素和子結構所需的細節，而無需犧牲應用所需的影像品質和均勻性。



▲ 圖1：用相機檢測平板顯示器

高解析度成像的其他例子，還包含高端監控（以足夠放大任何一個位置的解析度捕捉廣闊的視域影像）及航空攝影（aerial photography）（更高的解析度能提供額外的成像細節，讓飛機能夠飛得更高並減少飛行次數）。但是在所有例子中，應用不僅需要非常高的解析度，而且還需要非常高的影像品質，能透過影像均勻性、雜訊、動態範圍等規格來衡量。

綜合以上需求，這套應用一直以來憑藉基於Interline Transfer CCD (ITCCD) 技術的影像感測器，即使放大到大的光學格式，亦能保留關鍵的成像性能參數。此技術能夠以非常高的影像均勻性捕捉成像，且真正的全局快門設計 (Global Shutter design) 能夠捕捉動態場景，不會產生成像偽影。此外，該技術能提供大曝光範圍與低暗電流，能夠實現從幾微秒到一秒或更長時間範圍內的影像曝光。

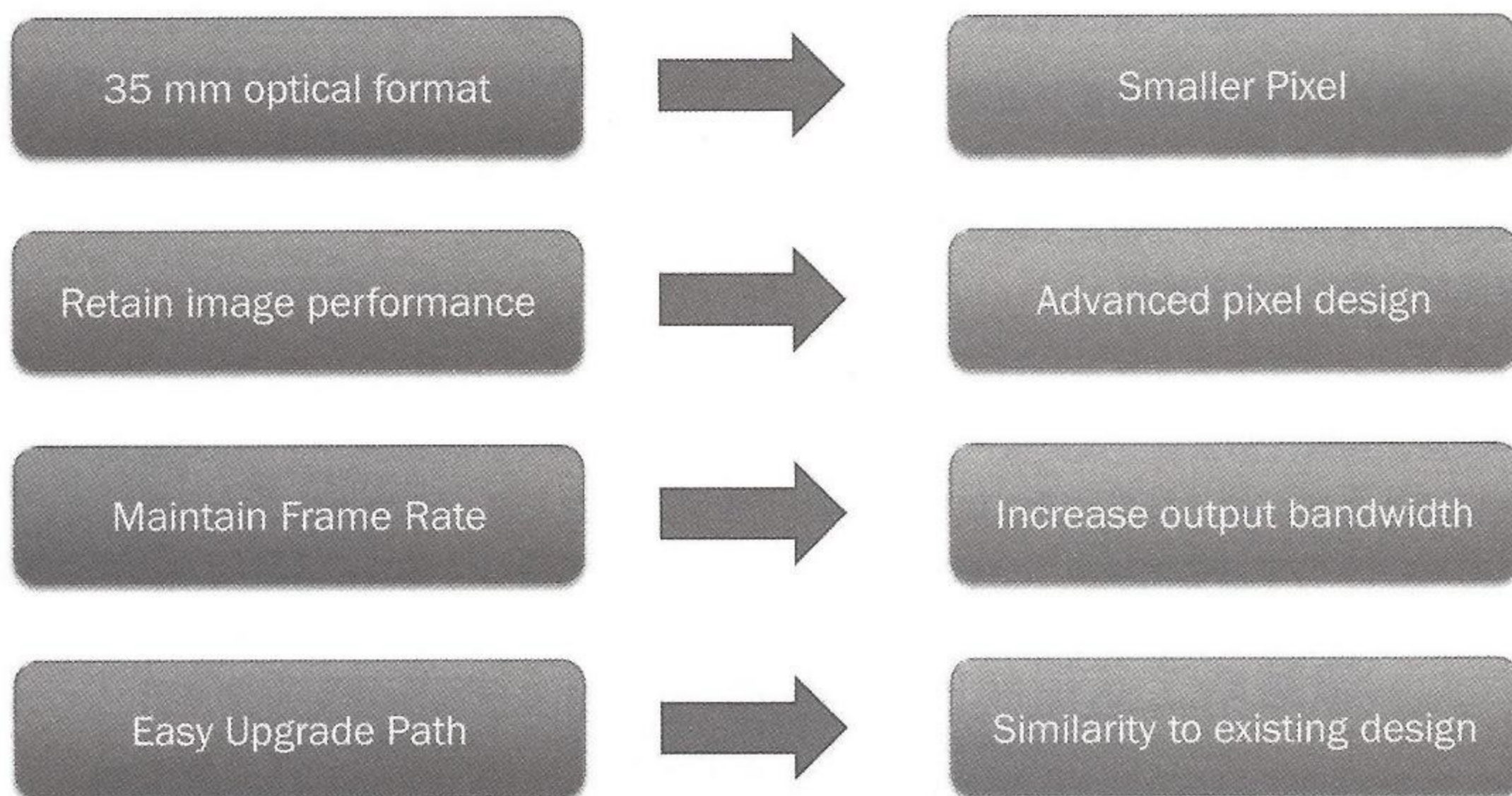


▲ 圖2：35mm光學格式下ITCCD解析度的提升

Interline Transfer CCD技術用於開發高解析度、大格式影像感測器已超過15年，其解析度隨市場需求逐漸提高。例如，2003年KAI-11000影像感測器以35mm光學格式提供1100萬像素的解析度；但至2011年，此相同的光學格式幾乎能支援三倍的解析度。在保留光學格式的同時能夠提高解析度的進步，才能使應用中的相機能夠簡化現場升級（field upgrade），因為在部署更高解析度的相機時，相機放置的位置與鏡頭都無需變動。

嚴苛要求帶來重大設計挑戰

保留35mm光學格式的同時，將元件（例如KAI-29050）的解析度從現有的2900萬像素繼續提升，就需要更小的像素格式，以便將更多像素放置於特定區域中。但為同時保留較小像素中的關鍵成像參數，如影像均勻性、動態範圍與背景噪音（noise floor），除簡單地縮小尺寸外，還需提升像素設計。



▲ 圖3：設計挑戰

隨著元件像素的增加，除非元件的輸出頻寬能夠增加，否則整體影格率將會降低（這可能是某些應用所需的）。維持與當前感測器和相機的反向相容，對於實現相機製造商與終端客戶簡化所需的升級路線以支援新設備至關重要。

35mm光學格式高性能ITCCD感測器

安森美半導體KAI-43140影像感測器提供滿足這些設計挑戰的方式，以35mm格式為要求嚴苛的應用提供

更高解析度為例。新元件採用全新的4.5 μm ITCCD像素，以35mm光學格式提供4300萬像素，相較於廣泛應用的2900萬像素KAI-29050，解析度增加50%。然而，即使採用此種較小的像素尺寸，關鍵的成像性能水準仍能保留，（包含高漏光抑制和超過60dB的線性動態範圍），且透過先進工藝設計，消除整個類別下的均勻性偽影，影像均勻性得到實際的提升。

更新的輸出放大器可將4-tap接頭元件的頻寬增加50%，儘管解析度提高，仍能提供與2900萬像素設備相同

的最終影格率。由於KAI-43140源於ITCCD技術，因此保留電子快門 (electronic shutter) 和大範圍曝光等特性，皆是該技術的特點。

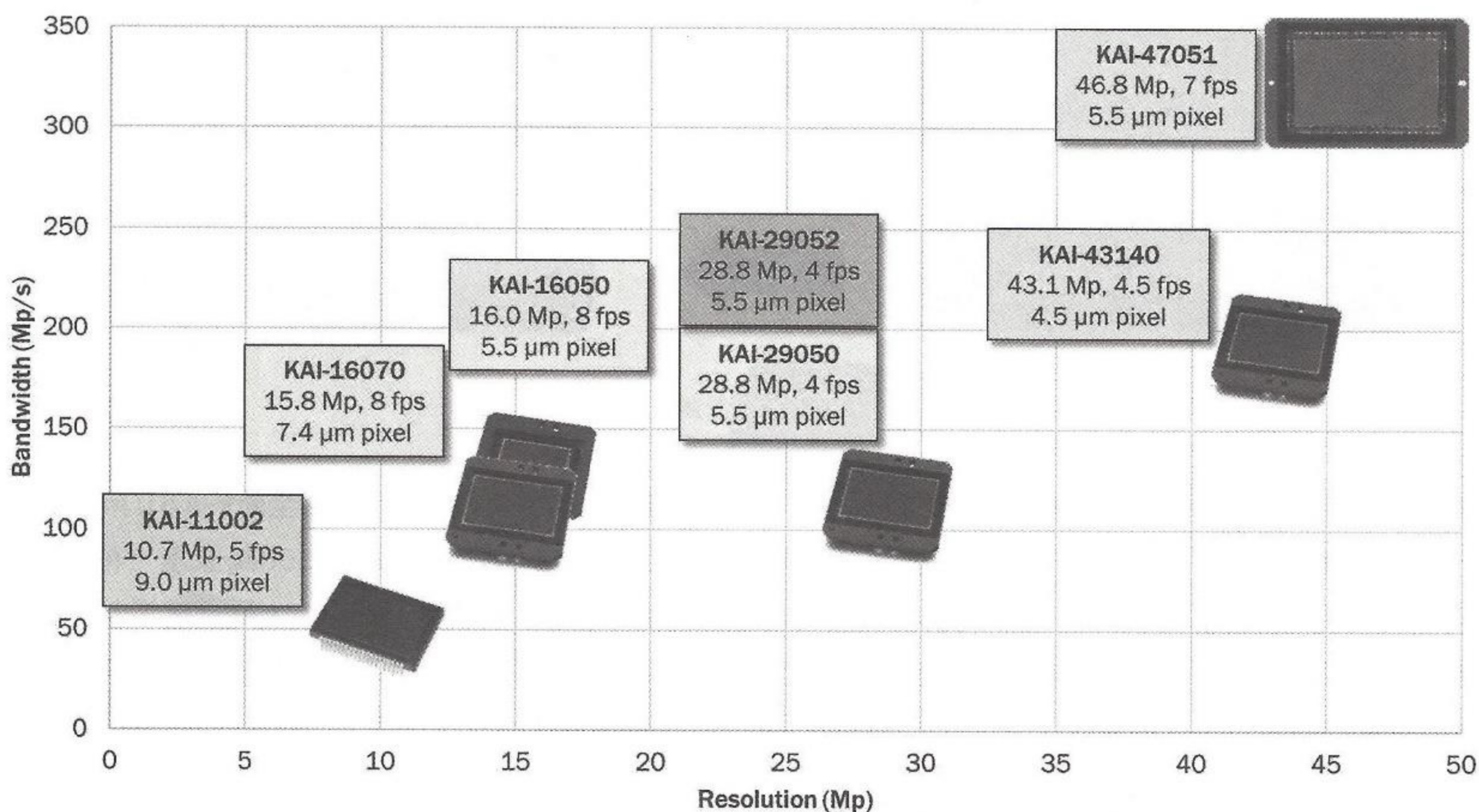
重要的是，KAI-43140採用與KAI-29050相同的封裝，讓目前相機設計僅需稍作電氣變更即能支援新元件。大幅降低相機製造商的設計風險，並使他們能夠以更低成本更快地將具備更高解析度與性能的相機投入市場。

結論

開發滿足高級工業應用嚴苛要求的影像感測器，需要的遠不止簡單地將更多像素「拖曳」到更小的封裝中。透過先進的像素設計，能在特定光纖節點提供更高的解析度而無需犧牲所需的性能。

然而，即使有這些提升，重要的是了解「最新」的成像元件並不一定適用於所有的「最佳」元件（即使是針對超高解析度需求的應用）。不僅針對解析度能擁有不同的選擇，針對光線靈敏度、動態範圍、影格率、甚至價格等參數皆擁有不同的選擇，對於選定最適合某個特定應用的影像感測器（和成像技術）相當重要。此凸顯擁有廣泛產品組合元件的重要性（即使專注於一組特定應用，例如需要非常高的解析度），並強調使用Interline Transfer CCD等技術持續開發全新產品的需求。■

（本文作者Michael DeLuca為安森美半導體影像感測器事業部工業解決方案部門產品行銷經理）



▲ 圖4：安森美半導體的大格式ITCCD影像感測器