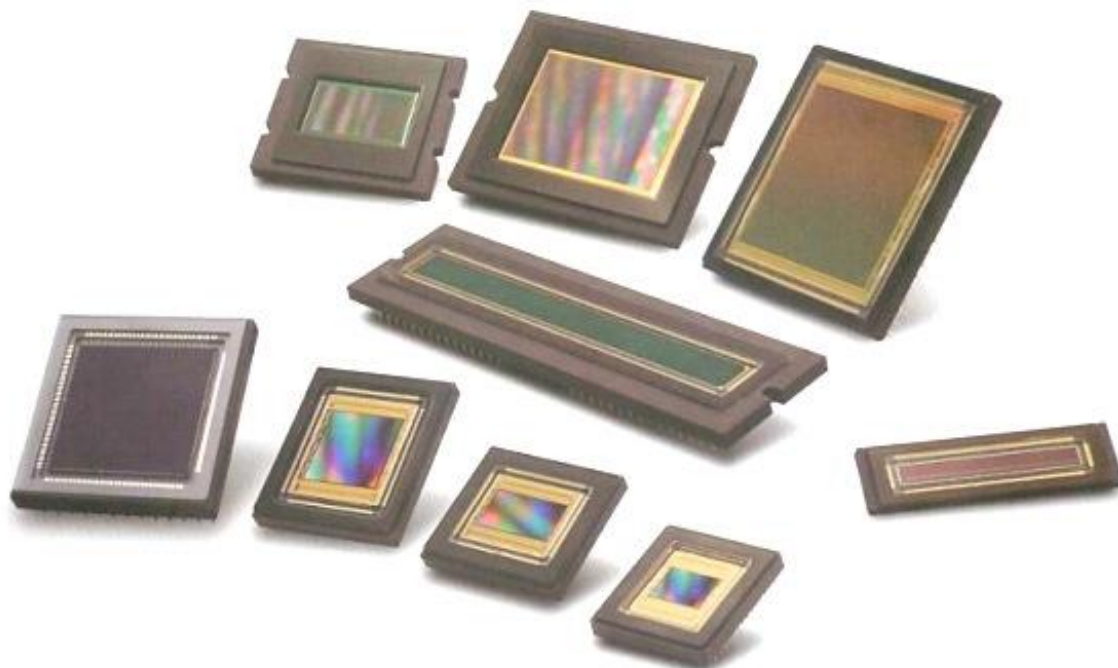


CCD vs CMOS vs sCMOS



CCD vs CMOS vs sCMOS センサー の簡単なレビューガイド

CCD vs CMOS vs sCMOS

CCD vs CMOS vs sCMOS センサーをレビューする簡単なガイド
イメージセンサー

CCD センサー - CCD 技術を使用するカメラ

CMOS センサー - CMOS 技術を使用するカメラ

CMOS カメラの技術的詳細

CMOS カメラモジュール

sCMOS センサー - sCMOS 技術を使用するカメラ

裏面照射型 sCMOS

カメラ用のイメージセンサーとしてより優れた技術はどれですか?

比較表: CCD vs. CMOS vs sCMOS

XIMEA ポートフォリオは、CCD、CMOS、最近では sCMOS (Scientific CMOS) などのさまざまな種類のセンサーをベースにした幅広いカメラを提供しています。これには裏面照射型も含まれます。

一般に、センサーにはさまざまな解像度、センサーとピクセルのサイズ、ノイズレベル、フレームレート、その他の多くの仕様があります。

さまざまなアプリケーションでは、互いに排他的になる可能性のある特定のパラメータが必要または強調されます。たとえば、低ノイズと高速の組み合わせを実現するのは非常に困難です。

どのタイプのセンサーからどのようなパフォーマンスが期待できるかわからない場合は、次の概要が役立つかもしれません。



写真：KAI ファミリーの CCD センサー

イメージ センサー

最も広く使用されているイメージ センサーは、古い CCD、次に CMOS、最新の sCMOS の 3 つのテクノロジーに基づいています。

CCD センサー - CCD テクノロジーを使用するカメラ

電荷結合素子 **CCD** は、シリコン表面にエッチングされた集積回路で、ピクセルと呼ばれる光に敏感な要素を形成します。この表面に当たる光子は、電子機器で読み取ってデジタル信号に変換できる電荷を生成します。

CCD のサイズは、通常は科学分野のさまざまなアプリケーション タイプに合わせて異なる場合があります。

他のセンサーと同様に、CCD は、各バケツが同じ時間雨にさらされ、雨水 (光子) を収集するバケツ (ピクセル) の配列として模擬視覚化できます。

露光により、ピクセルはさまざまな量の光子で満たされ、その後、1 ピクセルずつ読み取られます。

このプロセスは、隣接する空の列に光子を送信することから始まります。この列のピクセルは、光子を最後のピクセルに転送し、カメラの電子機器がこのピクセルを読み取り、コンピューターが理解して保存できる数値に変換します。

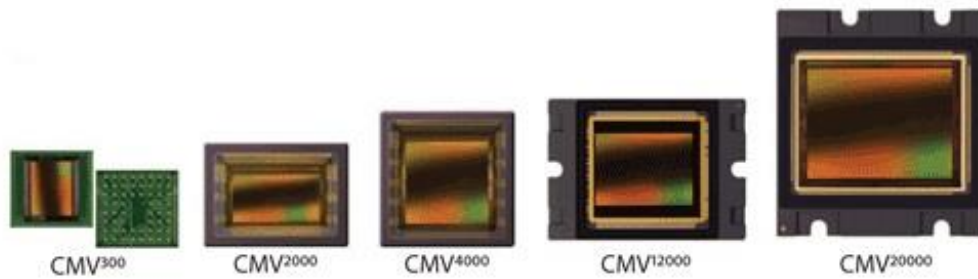
とにかく、CCD タイプのセンサーの人気は低下しており、ソニーが 2025 年までにラインの生産を中止すると発表した後、その使用は減少しています。

かなり遅いですが、主な利点は、最大露光時間が長くでき、ADC が 16 ビット以上であることです。

XIMEA は、CCD カメラを CMOS や sCOMS カメラに置き換え、

ペルチェ Thermoelectrical Cooling と組みあわせました。

これらのセンサーには、テープで固定されたカバー ガラスとマイクロレンズなしのバージョンもあります。



写真：グローバルシャッター付き各種CMOSセンサー

CMOSセンサー - CMOSテクノロジーを使用したカメラ

CCDは読み取りノイズと暗電流が低く、高感度で高ダイナミックレンジですが、相補型金属酸化膜半導体 または **CMOS** はこれらすべての方向で急速に追いついています。

以前は、ローリングシャッターが大きな違いでした。これは、高速な動きを追跡する際にCMOSにいわゆるスミア効果をもたらしたのですが、これはほとんどがグローバルシャッターを備えた最新モデルではもう当てはまりません。

さらに、CMOSは高速性や低コストなどの主要な利点に加わります。

そのため、CMOSは現在最も広く使用されているテクノロジーであり、最も幅広いセンサーの選択肢を提供しています。

CMOSカメラの技術的詳細

ただし、CMOSは表面素子を使用するため、このテクノロジーには欠点があります。

光子の場合、マイクロレンズを使用して金属部品で覆われていない領域に光子を向け、損失の一部を回復することができますが、もちろん電子ではそれは不可能です。

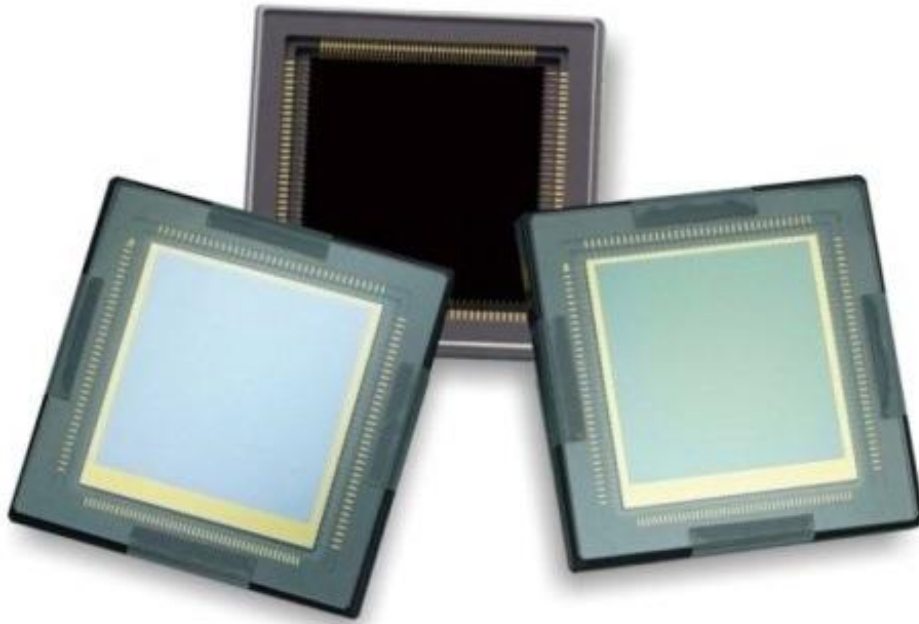
さらに、CMOS デバイスは特定の温度で低い暗電流の生成を可能にしますが、各 CMOS ピクセルからの読み取りノイズが増加するため、これは通常無関係です。

その結果、CMOS は通常、CCD ほど冷却されません。

CMOS カメラ モジュール

CMOS センサーの大きな利点の 1 つは、特にボード レベル バージョンでは、組み込みビジョン システムで使用するのに最適であることです。

その速度、サイズ、重量、交換可能性、およびその他の要素も、堅牢なモバイル マルチ カメラ セットアップの作成に役立ちます。



写真：Gpixel の最新の科学 CMOS センサー

sCMOS センサー - sCMOS 技術を使用したカメラ

サイエンティフィックCMOS、または sCMOS は、次世代の CMOS イメージ センサー (CIS) の設計と製造技術に基づく画期的な技術です。

sCMOS 技術は、他のセンサー タイプとは相反するパフォーマンス パラメーターを同時に実現する独自の機能を提供します。



写真：背面照射型大判 sCMOS センサー

背面照射型 sCMOS

CCD センサーと同様に、CMOS (および sCMOS) には背面から照射する BSI バージョンがあります。

つまり、非常に薄くする必要があり、特に大型センサーの場合は歩留まりがかなり低下し、価格が上昇します。

低エネルギー電子はすぐに吸収され、e-h ペアがシリコンの固有層に生成され、そこでは容易に再結合が起こります。

それでも、これはすべて、吸収ピーク波長において裏面薄膜 sCMOS の光感度によって補われます。

These turn up to 95% of incident photons into a usable signal, which can be read with low noise electronics.

どの技術がカメラ用のより優れたイメージ センサーを作るのでしょうか？

すでに推測したように、答えは、どのインターフェイス技術がアプリケーションに適しているかという質問と似ています。

これは、アプリケーション/使用の要件と妥協点によって異なります。

たとえば、高感度や低ノイズが優先される場合は、高速性と低価格は忘れてください。

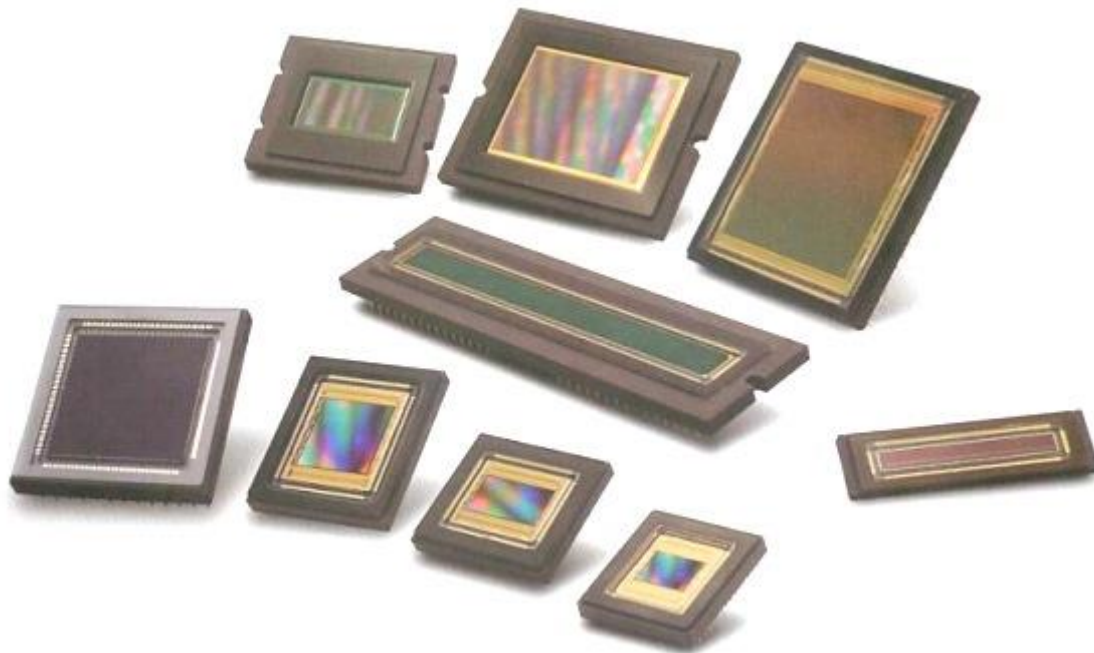
以下は、より簡単な概要を提供するために、いくつかのパラメーターを考察した表です。

比較表: CCD 対 CMOS 対 sCMOS

CCD、CMOS、sCMOS センサーの技術仕様の比較

パラメータ	CCD センサー	CMOS センサー	sCMOS センサー
速度	低速	高速	低速と高速
感度	中速	低～中	高
ノイズ	中速	中～高	低速
システムの複雑さ	高速	低	高
センサーの複雑さ	低速	中	高
FWC	中速	低	高
ピクセル信号	電子	電圧	電圧
チップ出力	電圧 (アナログ)	ビット (デジタル)	ビット (デジタル)

CCD vs CMOS vs sCMOS



A simple guide reviewing CCD vs CMOS vs sCMOS sensors

CCD vs CMOS vs sCMOS

A simple guide reviewing CCD vs CMOS vs sCMOS sensors

Image sensors

CCD sensors - Cameras using CCD Technology

CMOS sensors - Cameras using CMOS Technology

Technical details of CMOS camera

CMOS Camera Modules

sCMOS sensors - Cameras using sCMOS Technology

Backside Illuminated sCMOS

Which Technology makes the better image sensor for Cameras?

Comparison table: CCD vs. CMOS vs sCMOS

XIMEA portfolio offers a wide range of cameras which are based on different types of sensors like CCD, CMOS and most recently sCMOS (Scientific CMOS) including back illuminated versions.

In general, sensors come in a plethora of resolutions, sensor and pixel sizes, noise levels, frame rates and many other specs.

Diverse applications require or stress particular parameters that could exclude each other, like for example, low noise is very hard to achieve in combination with fast speed. If you are not sure what performance you can expect from what type of sensor, maybe the following overview could shed some light.



Pic. CCD sensor from KAI family

Image sensors

Most widely used Image sensors are based on these three technologies: older CCD, followed by CMOS and sCMOS as the newest.

CCD sensors - Cameras using CCD Technology

Charge coupled device or **CCD** is an integrated circuit etched onto a silicon surface forming light sensitive elements called pixels. Photons falling on this surface generate a charge that can be read by electronics and turned into a digital signal.

The size of CCD may vary suiting different application types, usually for the Scientific fields.

As with other sensors, the CCD can be visualized as an array of buckets (pixels) collecting rainwater (photons) where each bucket is exposed to rain for the same amount of time.

The exposure fills up the pixels with a varying amount of photons after which it is read one pixel at a time.

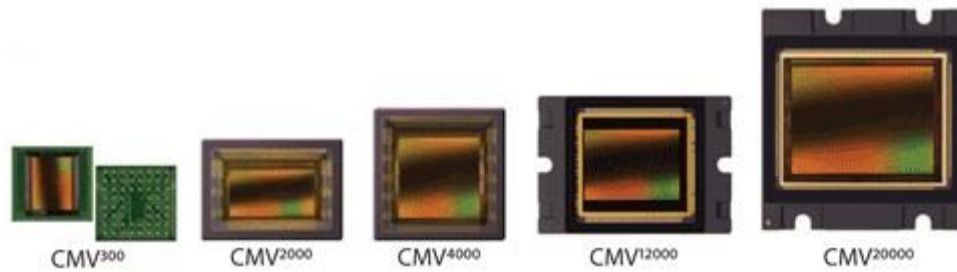
This process starts by transmitting the photons into the adjacent empty column. The pixels in this column transfer their photons down to a final pixel where the electronics of the camera read-out this pixel and turn it into a number that can be understood and stored by a computer.

Anyway, CCD type of sensors are decreasing in popularity and after Sony announcing the discontinuation of their line by 2025 their use is on the decline.

While being fairly slow their main advantages still are the long maximum Exposure times and ADC being 16 bit and more.

XIMEA replaced CCD cameras with CMOS and sCMOS cameras combined with **Thermoelectrical Cooling** through Peltier.

These sensors are also available in versions with a Taped cover glass and without microlenses.



Pic. Various CMOS sensors with Global shutter

CMOS sensors - Cameras using CMOS Technology

While CCD has a low read noise and dark current, high sensitivity with high dynamic range, the Complementary Metal-oxide Semiconductor or CMOS are catching up fast in all of these directions.

In the past, a major distinction was Rolling shutter which plagued CMOS with so called smear effect during tracking fast movement - this is no longer the case with newest models which are mostly equipped with Global shutter.

Plus, CMOS are adding their main advantages like high speed and cheaper cost.

Therefore, CMOS is now the most widely used technology and offers the widest selection of possible sensors.

Technical details of CMOS camera

However, since CMOS uses surface elements, there are drawbacks to this technology. With photons, it is possible to use micro-lenses to direct them onto areas that are not covered by metal parts and recover some of the losses, but that is of course not possible with electrons.

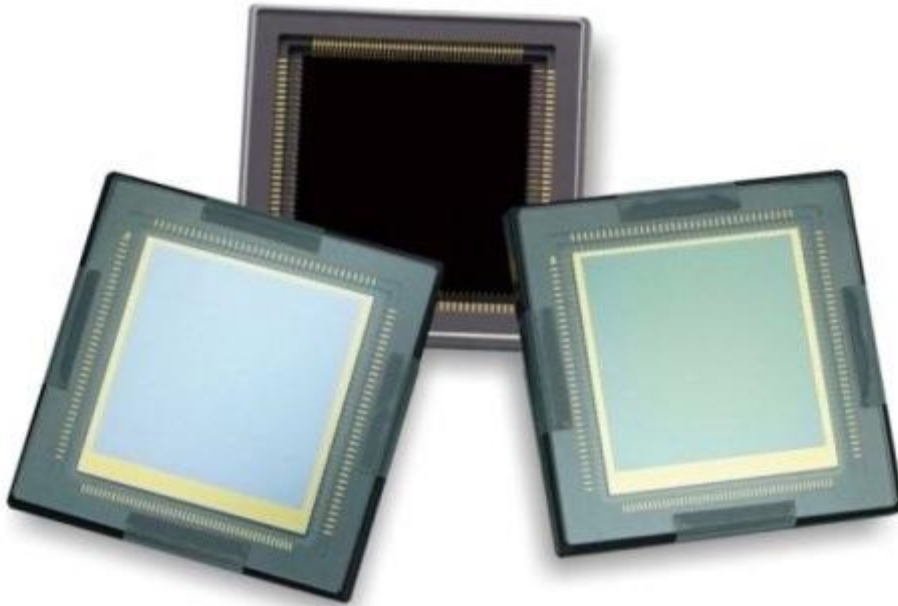
Moreover, even though CMOS devices can generate low dark current at a given temperature, this is generally irrelevant because of the enhanced read noise from each CMOS pixel.

As a consequence, CMOS is usually not cooled to the extent that CCDs will be.

CMOS Camera Modules

One major advantage of CMOS sensors is that especially in board level version they are ideally suitable to be used in Embedded vision systems.

Their speed, size, weight, replacibility and other factors are also helping in creating of robust a mobile Multi camera setups.



Pic. Newest scientific CMOS sensors from Gpixel

sCMOS sensors - Cameras using sCMOS Technology

Scientific CMOS, or sCMOS, is a breakthrough technology based on next-generation CMOS Image Sensor (CIS) design and fabrication techniques.

sCMOS technology offers a unique ability to simultaneously deliver contradictory performance parameters from other sensor types.



Pic. Large format sCMOS sensors with back illumination

Backside Illuminated sCMOS

Like with CCD sensors the CMOS (and sCMOS) has a BSI version which is illuminated from the back.

That means they need to be made very thin, which reduces yields quite a bit, especially for larger sensors and that drives up the price.

Low energy electrons will likely be absorbed very quickly and the e-h pairs would be created in an intrinsic layer of the silicon, where they could readily recombine.

Nevertheless, this all is compensated by the light sensitivity of a back-thinned sCMOS at its peak absorption wavelength.

These turn up to 95% of incident photons into a usable signal, which can be read with low noise electronics.

Which Technology makes the better image sensor for Cameras?

As you already guessed the answer is similar to the question about which interface technology is better for an application.

This depends on the requirements of the application/use and also compromises.

For example, if high sensitivity and/or low noise are the priority then forget about high speed and low price.

Below is a table which approximates some of the parameters to provide a simpler overview.

Comparison table: CCD vs. CMOS vs sCMOS

Technical specification comparison for CCD, CMOS and sCMOS sensors

Parameter	CCD sensor	CMOS sensor	sCMOS sensor
Speed	Slow	Fast	Slow and fast
Sensitivity	Moderate	Low to Moderate	High
Noise	Moderate	Moderate to High	Low
System complexity	High	Low	High
Sensor Complexity	Low	Moderate	High
FWC	Moderate	Low	High
Pixel Signal	Electron	Voltage	Voltage
Chip Output	Voltage (Analogue)	Bits (Digital)	Bits (Digital)