

X-Ray cameras with 11 and 16 Mpix



FAQよくある質問 11メガピクセル, 16メガピクセル 等の X 線カメラ

FAQ

Introduction 概要

Components コンポーネント

Settings 設定

Measurements 測定

Physical 物理的条件

FAQ

Introduction 概要

Q1: 「直接蛍光体イメージングカメラ」とはどういう意味ですか？

これは、X 線光子を検出し、それを電荷に変換してデジタル画像にする直接的な方法を意味します。

この場合、蛍光体またはシンチレータは光ファイバプレートに直接接合されます。それは、光学シリコンによるものでカメラセンサーに光学的に結合されます。

蛍光体コーティングは、カメラアーキテクチャが含まれており 次のようになります。:

光ファイバプレートまたは FOP は、一方の端で CCD または CMOS ダイ (最近では sCMOS) に直接結合され、もう一方の端は蛍光体シンチレータでコーティングされています。

Components コンポーネント

Q2 : シンチレータに使用されている材質と厚さはどのようなものですか？

X-ray models	Material	Thickness
MH110XC-KK-FA	GadOx:Tb	22 µm
MH110XC-KK-FA-CSI	CsI	150 µm
MH110XC-KK-TP2:1	GadOx:Tb	35 µm
MH160XC-KK-FA	GadOx:Tb	22 µm
MH160XC-KK-TP2:1	GadOx:Tb	35 µm
MJ150XR-GP-FA-GO	GadOx:Eu	10 µm
MJ150XR-GP-FA-CSI	CsI	150 µm
MJ150XR-GP-TP2:1-GO	GadOx:Eu	22 µm
MX377XR-GP-FA-GO	GadOx:Eu	22 µm
MX510XG-GP-FA-GO	GadOx:Eu	10 µm
MX510XG-GP-TP2:1-GO	GadOx:Eu	22 µm
MX610XR-SY-FA-GO	GadOx:Eu	10 µm
MX610XR-SY-TP2:1-GO	GadOx:Eu	10 µm
MX1510XR-SY-FA-GO	GadOx:Eu	10 µm

Tb = テルビウム

CsI = ヨウ化セシウム

Eu = ユーロピウム

GadOx = 酸硫化ガドリニウム

Q3 : 光ファイバプレート視野と厚さはどれくらいですか？

X-ray models	FOV	Thickness
MH110XC-KK-FA	36 x 24 mm	10 mm
MH110XC-KK-FA-CSI	36 x 24 mm	10 mm
MH110XC-KK-TP2:1	72 x 48 mm	92.2 µm
MH160XC-KK-FA	36 x 24 mm	10 mm
MH160XC-KK-TP2:1	72 x 48 mm	92.2 µm
MJ150XR-GP-FA-GO	21.5 x 12.6 mm	8 mm
MJ150XR-GP-FA-CSI	21.7 x 12.6 mm	8 mm
MJ150XR-GP-TP2:1-GO	43 x 25.2 mm	53.85 mm
MX377XR-GP-FA-GO	61.4 x 61.4 mm	12mm
MX510XG-GP-FA-GO	38.75 x 27.75 mm	8 mm
MX510XG-GP-TP2:1-GO	70.5 x 50.4 mm	92.2 mm
MX610XR-SY-FA-GO	35.98 x 23.99 mm	10 mm
MX610XR-SY-TP2:1-GO	72 x 48 mm	96.52 mm
MX1510XR-SY-FA-GO	60.3 x 47.9 mm	10 mm

Q4: Rad-hard とはどのような意味ですか？

これは放射線耐性を意味し、光ファイバプレートに関連して、X線源への長時間の露光 暴露によって引き起こされるいわゆるブラウニング効果を軽減する FOP の特性を意味します。

Q5: カメラにはどのような材料が使用されていますか？ また、その理由は何ですか？

例として、**MJ150XR-GP-FA-GO** モデルを取り上げます。:

X線から保護する X 線カメラの前面部分は、厚さ 5.1 mm のウルフラム (W - タングステン) と銅 (Cu) の組み合わせで作られています。

X 線が通過する入口ウィンドウは透明で、ベリリウムで作られています。

次に、シンチレーターが上部にある光ファイバー (BYD61-4) の重要な部分が続きます。

電子機器用の 2 番目の保護プレートも、厚さ 2.75 mm のウルフラムと銅で作られています。

カメラの主要コンポーネントであるセンサーは、この場合、Gpixel の sCMOS である GSENSE5130 です。

ハウジングの中央部分は、熱特性を高めるために銅で作られています。

最後の部分は、ペルチェ素子とアルミニウム ファン冷却です。カメラでは普及しております。

Q6: XIMEA は、X 線カメラにどのようなカスタマイズを提供していますか？

XIMEA は、一般的にカスタマイズ スキルで有名です。X 線カメラは、これまで以上に幅広くそして重要なものです。

お客様は、アプリケーションの仕様要件に基づいて、さまざまなシンチレータ特性、光ファイバーの寸法、追加の保護、さらにはセンサー モデルを選択できます。カスタマイズ オプションには、視野を広げるためのテーパファイバー仕様も含まれます。

Q7: テーパーとは何ですか？

これは基本的に、画像サイズを拡大するために使用されるテーパ付き光ファイバー プレートであり、通常の FOP の代わりにセンサーに光学的に結合されます。

XIMEA は通常、視野を 2 倍に拡大する 2:1 テーパー オプションを提供しています。

例は [こちら](#) をご覧ください

たとえば 1.85 倍に拡大することも可能です。

Q8: どのような温度条件または値に注意する必要がありますか？

最新のセンサー (特に sCMOS) では、カメラを冷却することよりも、データ取得の各ケースで同じ条件を達成するために温度を安定させることの方が重要です。

最新の sCMOS センサーはノイズが十分に低く、CCD の場合のように低温でも大きなメリットはありません。

動作温度は +5...+50 °C です。

冷却を開始するしきい値温度値 (カメラ ハウジング上) は 36°C です。

環境温度は、水平面でカメラから 20 cm 離れた場所で測定する必要があります。

主な冷却は熱電ペルチェ素子によって確保され、ファンによってさらに強化されます。

Q9: カメラは真空密閉されていますか？

センサーは不活性キセノンガスの入ったチャンバー内にあります。

Settings 設定

Q11: X 線カメラはどのエネルギー レベルに耐えられますか？

エネルギー範囲は 5 ~ 100 keV です。

シンチレータまたは光ファイバーの場合、異なる材料の厚さを使用するとその範囲に影響する可能性があります。また画像のコントラスト、感度、その他のパラメータを妥協する必要も生じます。

カメラのフロント プレートは Wolfram 製で、X 線から一定の保護を確保します。

ベースに追加のプレートを取り付けることで、この保護を強化するオプションもあります。

Q12: カメラには TDI タイプの取得モードがありますか？

XIMEA カメラは TDI 取得モードをサポートしていません。

KAI-11002 センサーにはインターライン転送構造があり、何らかの TDI を実装できます。

見積もりをご希望の場合はお知らせください。実現可能性調査を実施し、ご提案を検討します。

Q13: カメラのゲインが 4e/カウントと指定されている場合、それはどの波長/X 線のエネルギーを指しますか？

MH110 および MH160 モデルの全体的なゲイン範囲は、0 dB から 36 dB までです。

カメラの撮像ゲインの数値は、二次電子から提供されます。

二次電子は、一次電子または X 線によって活性化された蛍光体によって放出される入射光子から CCD によって生成されます。

Q14: X 線カメラにはどのような ADC デジタル化オプションがありますか？

XIMEA の CCD ベースの X 線カメラ モデルには、1 ピクセルあたり 12 ビットと 14 ビットの 2 つの ADC モードがあります。

14 ビットの場合のピクセルの最大飽和値は 16383 で、最小は 512 です。

sCMOS ベースの X 線カメラ モデルは、最大 16 ビットまで可能です。

彼らは、高ゲインと低ゲインの 2x 12 ビット読み出しを使用しています。

Q15: XIMEA カメラはビニングやその他の部分読み出しモードをサポートしていますか？

はい、ビニングと ROI (関心領域) 機能の両方がサポートされています。

ビニング 1 (2.1fps) でフルフレームの読み出し時間が 0.5 秒で、水平 ROI の場合は読み出し時間がフレームあたり 0.1 秒に短縮されると想定します。

ただし、フレームのオーバーヘッド時間は一定です。

Q16: HS 読み出しモードを使用するとどのような効果がありますか？

いわゆる HS 読み出しは、実質的にセンサーのオーバークロック (30Mhz ではなく 50MHz) であり、フォーカスモードにのみ使用されます。

HS により画像のノイズ レベルが上昇することが予想されます。

これらのモードでは、SNR と画像品質は取得モードほど重要ではありません。

古い CCD ベースのカメラでは、HS ではノイズが 2 ~ 5 倍高くなる可能性があり、勾配、取得ゲインの低下などの他のアーティファクトも発生します。

Q17: カメラは、フレーム n+1 が露光されている間にフレーム n の読み出しを許可しますか？

はい、フレーム間の読み出し時間はスループットを得るために重要です。

XIMEA カメラはオーバーラップ露光と読み出しをサポートしているため、n のフレームが露光されている間に n-1 のフレームを読み出すことができます。

注: 実行可能な露光時間の範囲は 20 マイクロ秒から 30 分です。

Measurements 測定

Q18: 指定された MTBF はどれくらいですか？

MTBF は 10 万時間と推定されました。

Q19: 直線性の測定はありますか？

MH110 および MH160 モデルの場合、フルスケールの 2% 未満からフルスケールの 95% です。

Physical 物理的条件

Q20: 推奨される X 線源はありますか、それとも機能しないものはありますか？

カメラは、約 5 kV から最大 100 kV までのエネルギーに耐えることができます。

マイクロフォーカス X 線源 (マイクロ CT 用) はオプションとして考えられます:

<http://www.excillum.com/>

<https://xray.oxinst.com/x-ray-tube-products/>

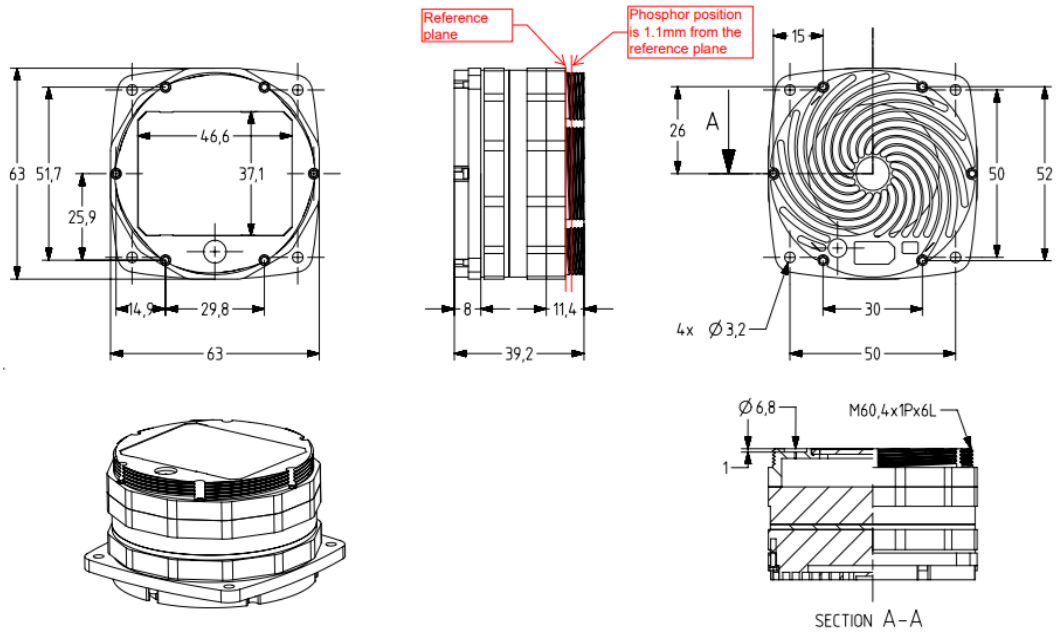
<https://www.hamamatsu.com/eu/en/product/light-and-radiation-sources/microfocus-x-ray-source/index.html>

<https://microxray.com/products/micro-focus-x-ray-tube/>

<https://www.malvernpanalytical.com/en/products/category/x-ray-tubes/x-ray-industrial-tubes/microfocustube>

Q21: 3 つの平面すべてで、入力ウィンドウに対するシンチレータの位置はどこでしょうか？

シンチレータの位置とカメラの前面からの距離は、次のスケッチで確認できます。X-Y平面の中央に配置されています。



X-Ray cameras with 11 and 16 Mpix



X-Ray cameras with 11 and 16 Mpix

FAQ

Introduction

Components

Settings

Measurements

Physical

FAQ

Introduction

Q1 : What does “direct phosphor imaging camera” mean?

This represents a direct way of detecting X-ray photons and converting them into electrical charges and thus digital images.

In this case, the phosphor or Scintillator is applied directly onto the Fiber optic plate which is then optically bonded with optical silicon onto the camera sensor.

The phosphor coating is included and the camera architecture looks the following way: The Fiber optics plate or FOP is coupled directly to the CCD or CMOS die (sCMOS more recently) on one end and coated with a phosphor scintillator on the other.

Components

Q2: What is the material and thickness used for the Scintillator?

X-ray models	Material	Thickness
MH110XC-KK-FA	GadOx:Tb	22 µm
MH110XC-KK-FA-CSI	CsI	150 µm
MH110XC-KK-TP2:1	GadOx:Tb	35 µm
MH160XC-KK-FA	GadOx:Tb	22 µm
MH160XC-KK-TP2:1	GadOx:Tb	35 µm
MJ150XR-GP-FA-GO	GadOx:Eu	10 µm
MJ150XR-GP-FA-CSI	CsI	150 µm
MJ150XR-GP-TP2:1-GO	GadOx:Eu	22 µm
MX377XR-GP-FA-GO	GadOx:Eu	22 µm
MX510XG-GP-FA-GO	GadOx:Eu	10 µm
MX510XG-GP-TP2:1-GO	GadOx:Eu	22 µm
MX610XR-SY-FA-GO	GadOx:Eu	10 µm
MX610XR-SY-TP2:1-GO	GadOx:Eu	10 µm
MX1510XR-SY-FA-GO	GadOx:Eu	10 µm

Tb = Terbium

CsI = Caesium Iodide

Eu = Europium

GadOx = Gadolinium oxysulfide

Q3: What is the Field of View and thickness of the Fiber optic plate?

X-ray models	FOV	Thickness
MH110XC-KK-FA	36 x 24 mm	10 mm
MH110XC-KK-FA-CSI	36 x 24 mm	10 mm
MH110XC-KK-TP2:1	72 x 48 mm	92.2 µm
MH160XC-KK-FA	36 x 24 mm	10 mm
MH160XC-KK-TP2:1	72 x 48 mm	92.2 µm
MJ150XR-GP-FA-GO	21.5 x 12.6 mm	8 mm
MJ150XR-GP-FA-CSI	21.7 x 12.6 mm	8 mm
MJ150XR-GP-TP2:1-GO	43 x 25.2 mm	53.85 mm
MX377XR-GP-FA-GO	61.4 x 61.4 mm	12mm
MX510XG-GP-FA-GO	38.75 x 27.75 mm	8 mm
MX510XG-GP-TP2:1-GO	70.5 x 50.4 mm	92.2 mm
MX610XR-SY-FA-GO	35.98 x 23.99 mm	10 mm
MX610XR-SY-TP2:1-GO	72 x 48 mm	96.52 mm
MX1510XR-SY-FA-GO	60.3 x 47.9 mm	10 mm

Q4: What does Rad-hard mean?

This stands for Radiation hardened and in connection with the Fiber optic plate, it means a characteristic of the FOP which results in the reduction of so called browning effect

Q5: What materials are used in the camera and why?

As an example we will take **MJ150XR-GP-FA-GO** model:

The front part of the X-ray camera that provides protection from X-ray is made from a combination of Wolfram (W - Tungsten) and Copper (Cu) with 5.1 mm thickness. The entrance window where X-ray should pass is transparent and made from Beryllium. Next follows the important part of Fiber optic (BYD61-4) with a Scintillator on top of it. The second protection plate for electronics is also made of Wolfram and Copper being 2.75mm thick.

The main component of the camera, the sensor, is in this case GSENSE5130, an sCMOS from Gpixel.

The middle section of the housing is made from Copper for better thermal qualities. The last part is providing the cooling which is coming from the Peltier element and the Aluminium fan that is spreading it through the camera.

Q6: What kind of customization does XIMEA provide for X-ray cameras?

XIMEA is in general famous for customization skills and in regards to X-ray cameras, they are more extensive and crucial than ever.

The customer, based on the application requirements, can choose different scintillator properties, fiber optic dimensions, extra protection and even sensor models. The customization options include the addition of Taper for a larger Field of view.

Q7: What is a Taper?

This is essentially a tapered fiber optic plate that is used to magnify image size and is optically bonded to the sensor instead of the usual FOP.

XIMEA usually offers 2:1 Taper option which magnifies the field of view two times.

An example can be found [HERE](#)

It is also possible to magnify 1.85 times for instance.

Q8: What temperature conditions or values are important to keep in mind?

With the newest sensors (sCMOS especially) it is not as important to cool down the camera as much as keep the temperature stable to achieve the same conditions for each. The latest sCMOS sensors provide low enough noise and do not benefit considerably from lower temperatures as it was with CCDs.

The Operating temperature is: +5...+50 °C

The threshold temperature value (on camera housing) to start the cooling is 36C.

The environmental temperature should be measured 20 cm from the camera in the horizontal plane.

The main cooling is ensured by the Thermoelectric Peltier element and further enhanced by the fan.

Q9: Is the camera vacuum sealed?

The sensor is located in a chamber with inert Xenon gas.

Settings

Q11: What energy levels can the X-ray camera sustain?

The range of energy is between 5-100 keV.

Using different material thickness in the case of Scintillator or Fiber optics can affect this range, but would also mean having to compromise on image contrast, sensitivity and other parameters.

The front plate of the camera is made from Wolfram which provides certain protection from X-ray.

There is also an option to increase this protection with an extra plate attached to the base.

Q12: Does the camera have any TDI type acquisition modes?

XIMEA cameras do not support TDI acquisition modes.

KAI-11002 sensor has an interline transfer structure, and it is possible to implement some sort of TDI.

Let us know whether you want to get a quotation for that, so we will perform a feasibility study and get back to you with an offer.

Q13: If camera Gain is specified as 4e/count to which wavelength/energy of X-rays does it refer?

Overall Gain range of **MH110** and **MH160** models is from 0 dB up to 36 dB.

The camera acquisition gain figure is provided from the secondary electrons.

Secondary electrons are generated by CCD from incident photons, which are emitted by the phosphor that is activated by primary electrons or x-ray.

Q14: What ADC digitization options do X-RAY cameras provide?

The CCD based X-RAY camera models from XIMEA offer two ADC modes - 12 and 14 bits per pixel.

The maximum Saturation value of the pixel in the case of 14 bits is 16383, the minimum is 512.

The sCMOS based X-RAY camera models can go up to 16 bits.

They are using **2x 12 bit readout with High and low gain**.

Q15: Do XIMEA cameras support Binning and other partial readout modes?

Yes, both Binning and ROI (region of interest) features are supported.

Assuming readout time is 0.5s for the full frame at Binning 1 (2.1fps) and in case of horizontal ROI, the readout time is reduced to 0.1s per frame.

However, there is a constant frame overhead time.

Q16: What is the effect when using HS readout mode?

The so-called HS readout, which effectively is the sensor overclocking (50MHz instead of 30MHz), is used for focusing modes only.

It is expected that HS will increase the noise level in the image.

For these modes, SNR and image quality is not as important as for acquisition modes.

Older CCD based cameras show that noise can be 2-5 times higher with HS and there are other artifacts like gradients, reduced acquisition gain, etc.

Q17: Does the camera allow the readout of frame n while frame n+1 is being exposed?

Yes, the readout time between frames is important to getting throughput.

XIMEA camera supports overlapped exposure and readout, so you can readout n-1's frame while n's frame is being exposed.

Note: Feasible Exposure time ranges from 20 microseconds up to 30 minutes.

Measurements

Q18: What is the specified MTBF?

The MTBF was estimated at 100 thousand hours.

Q19: Are there measurements for the Linearity?

In case of **MH110** and **MH160** models it is <2% of full scale to 95% of the full scale.

Physical

Q20: Are there any recommended x-ray sources or any that will not work?

The cameras can withstand energies from around 5 up to 100 kV.

Microfocus x-ray sources (for micro-CT) that could be an option:

<http://www.excillum.com/>

<https://xray.oxinst.com/x-ray-tube-products/>

<https://www.hamamatsu.com/eu/en/product/light-and-radiation-sources/microfocus-x-ray-source/index.html>

<https://microxray.com/products/micro-focus-x-ray-tube/>

<https://www.malvernpanalytical.com/en/products/category/x-ray-tubes/x-ray-industrial-tubes/microfocustube>

Q21: What is the position of the scintillator with respect to the input window in all three planes?

Position and how far back from the front of the camera the scintillator is can be seen in the following sketch: **It is centered in X-Y plane**

