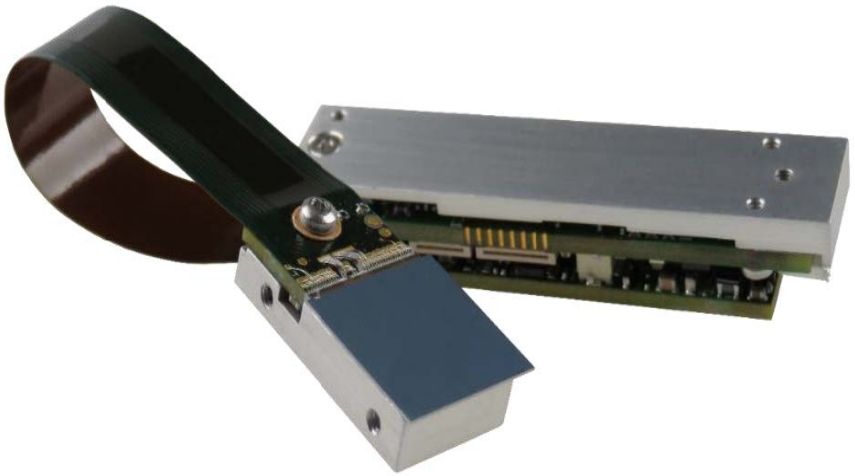
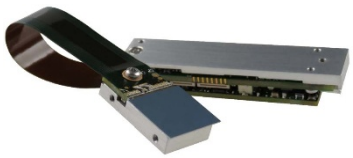
MiniPIX MAGIC Flex

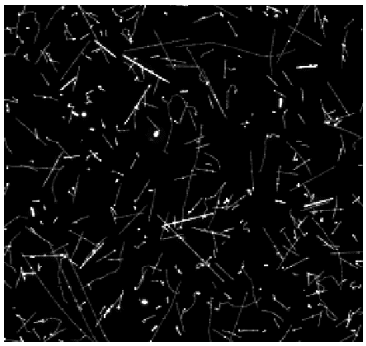
数据手册

型号编号: **MNXT3F-Xxx190731**
MT3Fxx-Xxx190925
MT3F10-Xxx211214
MT3F10-Xxx220422



基本特征





Timepix3探测器单粒子灵敏度示意图。在飞机上，5分钟内记录了不同辐射背景粒子（主要是μ子和少量质子）的径迹。暗区未见噪声（纯净的零点）。

MiniPIX MAGIC Flex是一款微型低功耗辐射相机，配备了具有粒子追踪和成像能力的Timepix3读出芯片（256 x 256 正方形像素，像素间距为55 μm）。根据客户的偏好提供多种传感器材料（通常为300 μm厚的硅）。

Timepix3 探测器具备位置、能量与时间敏感性：对于每个电离粒子（如 X 射线光子），它能以数字形式记录粒子的位置、能量、到达时间及轨迹形状 —— 基本涵盖所有所需信息。通过轨迹形状还可计算出其他参数（粒子类型、飞行方向、线性能量转移（LET）、电荷等）。探测到的每个粒子信息可通过两种方式读取：一是以像素模式即时读取，最大速率为 230万击中像素每秒；二是以帧模式累积成像后读取，最大速率为 16帧每秒。

MiniPIX MAGIC Flex的典型和预期应用包括：

- **X射线光谱成像：**X 射线荧光（XRF）成像、X 射线放射成像（低通量）。
- **能量色散 X 射线衍射（XRD）、小角 X 射线散射（SAXS）或广角 X 射线散射（WAXS）：**不需要单色X射线源！甚至可用于厚样品的高能衍射（如 100keV）。
- **γ射线光谱成像：**闪烁成像或单光子发射计算机断层扫描，同位素放射成像。
- **辐射监测器[1]：**粒子类型分类、光谱分析、方向敏感性等。
- **γ 相机：**可根据要求提供特殊屏蔽箱和准直器。
- **康普顿相机：**基于康普顿散射的γ 射线成像（需要专用软件模块进行图像重建）。

MiniPIX MAGIC Flex通过 USB 2.0 接口（标准微型 USB 连接器）进行控制，随设备提供用于探测器操作的复杂软件 PIXet Pro，支持所有主流操作系统（微软 Windows、苹果 Mac OS、Linux）。此外，还提供用于特殊功能的软件模块（如光谱滤波与重建、编码孔径图像重建、康普顿相机图像与光谱重建、辐射场分解、多设备联网等）。

主要特征

- 读出芯片类型..... Timepix3
- 像素尺寸[2] ..... 55 x 55 μm^2
- 传感器分辨率..... 256 x 256 pixels
- 时间分辨率..... 1.6 ns
- 单帧动态范围[3] 1022
- 传感器材料..... 300 或 500 μm Si，1 mm CdTe
- 暗电流..... 无
- 接口..... USB 2.0（高速）
- 最大读出速度..... 2.35 million pixels / s
- 尺寸..... 详见8-11页
- 重量..... 22 g（CdTe版本，无保护盖）

[1]MiniPIX MAGIC Flex并非经认证的剂量测量设备，仅作为一级辐射场指示器和监测器，可用于识别辐射类型，不可基于其测量结果进行人员辐射防护。
[2]边缘像素尺寸为 55×110 μm²，角落像素尺寸为 110×110 μm²。
[3]即计数器深度，累积图像的动态范围理论上无上限。

设备参数

工作条件

符号	参数	数值	单位	备注
T_a	工作环境温度范围 [1]	0-50	°C	
Φ	湿度	< 85	%	无凝结
IP	带保护盖的防护等级	IP40		
IP	不带保护盖的防护等级	IP10		

[1] 需配备温度稳定装置，详见下文说明。

传感器二极管的典型偏置电压源	硅				碲化镉		单位
厚度	100	300	500	1000[1]	1000	2000[1]	μm
偏置电压[2]	50	150	150	200	-300 to -500	-500	V

1 定制产品。
2 硅传感器使用正电压，碲化镉传感器使用负电压，表中为典型值。

真空操作

Advacam探测器可根据要求提供真空兼容版本。更多信息请联系 sales@top-unistar.com。



- 在真空操作的情况下，仅在气压低于10^{-3} Pa时操作，水冷系统的最大达压力：1.2bar。
- 当芯片或CPU温度超过55 °C时，设备将自动关闭。
- 仅用于无尘室内使用。
- 在抽真空或排气真空腔时，请确保断开设备电源！
- 为了获得最佳性能，需要直接连接到主机设备。通过USB集线器连接可能会对设备的性能和稳定性产生负面影响。

外部温度稳定

强烈建议在使用设备时进行温度稳定控制，需将设备背面安装在水冷板或半导体制冷（Peltier）模块上，温度应设定为 22°C。

电气规格

T_{dev}= 22 °C, USB电压 V_{CC}= 4.8 V

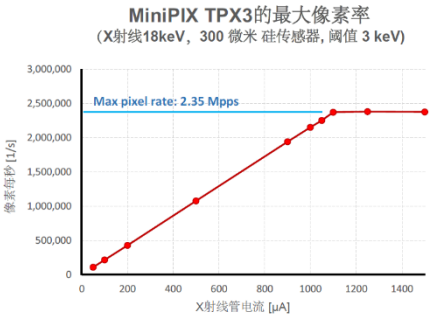
符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位	备注
V_{CC}	供电电压	4.0	5.0	5.5	V	符合 USB 2.0标准
I_{CC}	探测器芯片处于激活 / 工作状态时的电流		300	500	mA	符合USB 2.0标准，电流随模式变化
P1	功耗		2.75		W	

性能特征

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位	备注
f_f	帧率			16	fps	搭配 USB 2.0 主机
T_{FREAD}	帧读取时间	62			ms	
f_p	像素型测量读出ToT+ToA模式下的命中率（像素 每秒)			2.35 x 106	pps	搭配 USB 2.0 主机

像素测量下命中率评估

将整个探测器暴露于均匀垂直照射的 X 射线中（X 射线管工作电压 18kVp，带 2mm 铝滤光片），测量类型设为 “像素（Pixels）”，模式设为 “ToT+ToA”，其他参数均设为出厂默认值（存储于设备附带的配置文件中）。曝光时间设为 0.1 秒，使用 PIXet Pro 软件的 “（Clustering）” 工具分析测量数据，通过改变 X 射线管电流寻找饱和点，绘制每秒命中像素数与 X 射线管电流的关系曲线。



传感器参数

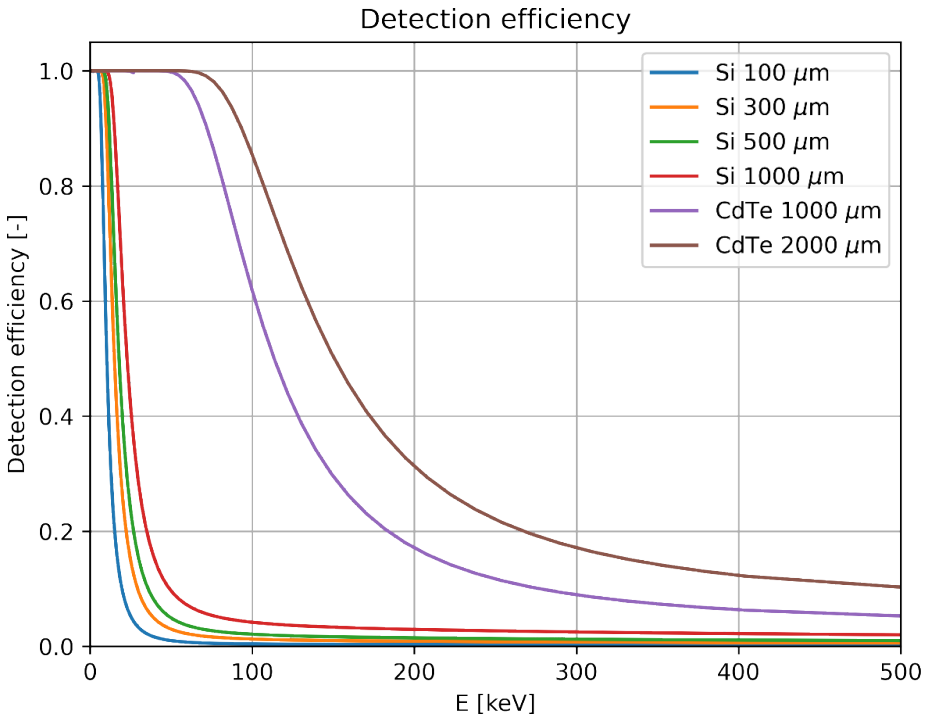
T_{dev}= 22 °C

参数	硅				碲化镉		单位	说明
厚度	100	300	500	1000[1]	1000	2000[1]	μm	
校准能量阈值[2]	3.0	3.0	3.0	3.0	5.0	5.0	keV	
ToT模式下的能量分辨率 (σ @ 60 keV)	1.2 – 2.6	1.3 – 2.7	1.4 – 3.5	1.7 – 3.6	2.8 – 5.4	2,9 – 8,3	keV	基于标准校准
ToT模式下的能量分辨率 (σ @ 122 keV)					3.4 – 6.0	4.5 – 9.9	keV	基于标准校准
X射线典型可探测能量范围	3 – 60				5 – 500		keV	见下图
有效像素占比	99.5 %				99.5 %			
像素尺寸[3]	55 x 55						μm	

1 定制产品。

2 高级校准或特定芯片等级可实现更优性能，如需了解更多信息，请联系 sales@top-unistar.com。

3 边缘像素尺寸为 55×110μm，角落像素尺寸为 110×110μm。



基本原理、测量类型和工作模式

电离辐射粒子与传感器材料相互作用产生电荷，电荷在电场作用下被收集并传输至像素前置放大器，经放大和整形后形成三角电压脉冲。脉冲幅度和持续时间与粒子在像素内沉积的能量成正比。当特定像素的电压脉冲幅度超过预设阈值时，该过程被称为“事件（event）”或“命中（hit）”。

每个像素包含 3 个数字计数器（10 位、14 位和 4 位），根据测量类型和模式的不同，计数器的使用方式也不同。共有 4 种可测量并存储在每个像素计数器中的参数，可通过工作模式进行选择。

工作模式：

事件数（Number of events）：

曝光时间内像素中的事件（击中）次数（此模式主要适用于帧类型读出）。

过阈时间（Time-over-Threshold (ToT)）：

放大器输出信号超过能量阈值的 40MHz 时钟信号周期数（步长 25ns）。通过像素级校准函数，可将 ToT 转换为 keV（千电子伏特）能量值。像素级校准系数为每个像素独有，存储于设备附带的配置文件中，并会随设备交付。仅当探测器其他参数（尤其是阈值）与配置文件中提供的数值一致时，能量校准才有效。

到达时间（Time-of-Arrival (ToA)）：

从曝光开始到像素记录到事件（即像素内脉冲超过阈值）的 40MHz 时钟信号周期数（步长 25ns），量程为 409.6µs。读出电子设备的现场可编程门阵列（FPGA）中额外增加了 16 位计数器，使总量程扩展至 26.8 秒。已添加了额外计数器以实现超过 26.8 秒的扫描。

快速到达时间（Fast-Time-of-Arrival (FToA) ）：

探测事件与下一个时钟信号之间的时间差，测量步长为 1.5625ns，量程为 4 位。结合 ToA 与 FToA，可通过以下公式精确测量事件探测的纳秒级时间：

$$Time\ [ns] = ToA*25 - FToA*1{,}5625$$

测量类型：

帧类型测量　在曝光时间内，设备不会发送任何数据。所有测量的事件都累积在像素的计数器中。事件计数器递增，ToT被整合到所有事件的iToT计数器中。测量数据在的曝光时间结束后读取所有具有非零内容的像素。在读出过程中无法进行测量。PIXet Pro中的测量类型：帧（Frames），积分（Integral）。

像素类型测量　在曝光时间内，所有命中像素的信息会立即并持续读取。如果命中率低于最大值（见性能特性表中的fp），则几乎没有死时间。PIXet Pro中的测量类型：像素（Pixels）。

有时这种模式被称为数据驱动模式或基于事件的模式。

工作模式和测量类型的组合（罕见使用的情况以灰色背景显示）：

类型	模式	范围	说明
帧 (在曝光结束后读取所有像素)	ToA+ToT	18位 + 10位	每次曝光输出2帧数据： ToA = 像素中第一个事件的到达时间（ToA 与 FToA[1] 组合） ToA = 阈值超时间，若加载并启用校准，则为 keV 能量值
	ToA	18位	输出 1 帧数据： ToA =像素中第一个事件的到达时间（ToA 和 FToA[1]组合）
	Event+iToT	10 bit + 14 bit	每次曝光输出2帧数据： 事件 = 像素中的事件数量 iToT = 积分阈值超时间，若加载并启用校准，则为所有事件的 keV 能量值
像素 (在曝光期间仅连续读取命中像素)	ToA+ToT	18位 + 10位	数据流每个事件每个像素包含4个值：位置、总时间（ToT）、到达时间（ToA）和首次到达时间（FToA[1]）（适用于数据格式.t3*）
	ToA	18位	数据流每个事件每个像素包含 3 个值：位置、到达时间（ToA）和 FToA[1](用于数据格式 .t3*)
	仅 ToT	10 位	数据流包含每个事件每个像素的 2 个值：位置和 ToT (用于数据格式 .t3*)

[1]ToA 和 FToA 由软件自动组合在一起。对于像素类型测量，如果保存为 .t3pa 文件，ToA 和 FToA 将作为单独的项目存储。

设备说明

设备发货附带USB 闪存盘，其中包含 PIXet Pro 软件的安装程序、专属设备配置与校准文件，以及质量测试报告。

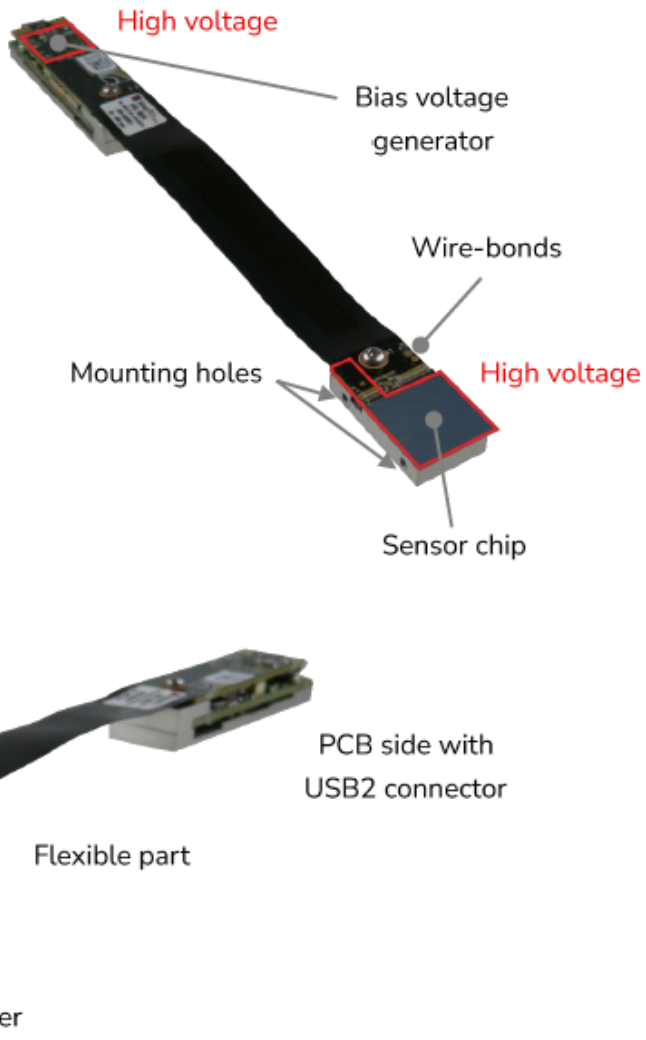
相较于**MiniPIX MAGIC，此**设备去除铝合金制成的外壳和滑动保护盖，读出电路和探头通过软排线进行连接。设备通过 USB 2.0 Micro-B 连接器和电缆实现通信与供电。

- 使用前**必须取下保护盖**，以防传感器因过热损坏。
- 取下保护盖时务必格外小心，严禁触碰传感器芯片或键合引线。
- 高压警示：传感器芯片供电电压最高可达 ±500 伏。为避免产生电火花或意外放电，请严格遵循 **EN 61010-1 标准**（详见第 6.7 章 绝缘要求和附录 C中图 4、表 6 ）。

带保护塑料盖的设备（（左：出厂状态；右：已打开））



取下塑料保护盖的设备（安装前）

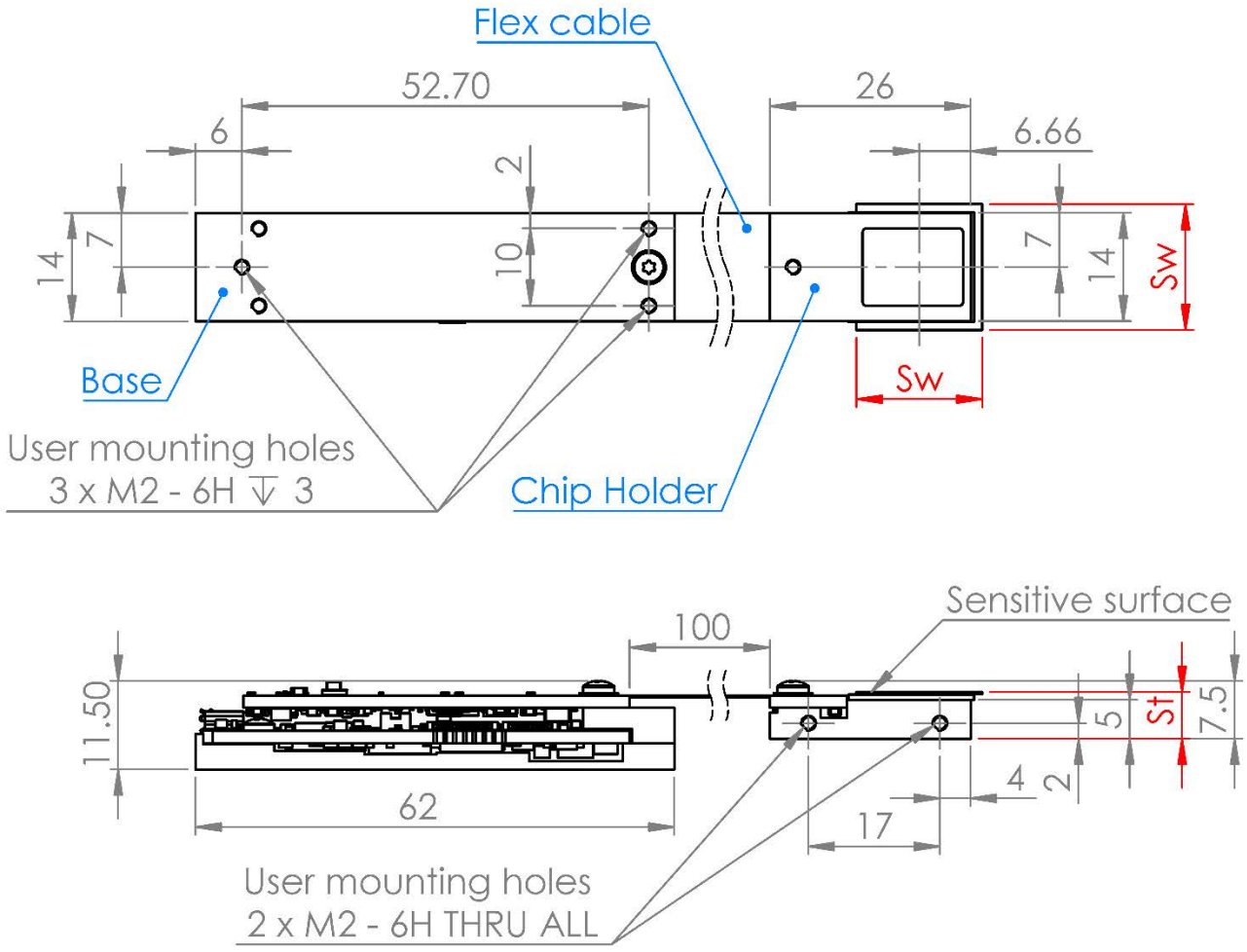


USB连接器

类型：Micro-B，符合标准 USB 2.0 高速规范。USB 电缆长度应小于 2 米，如需更长距离连接，建议使用中继器或有源电缆。

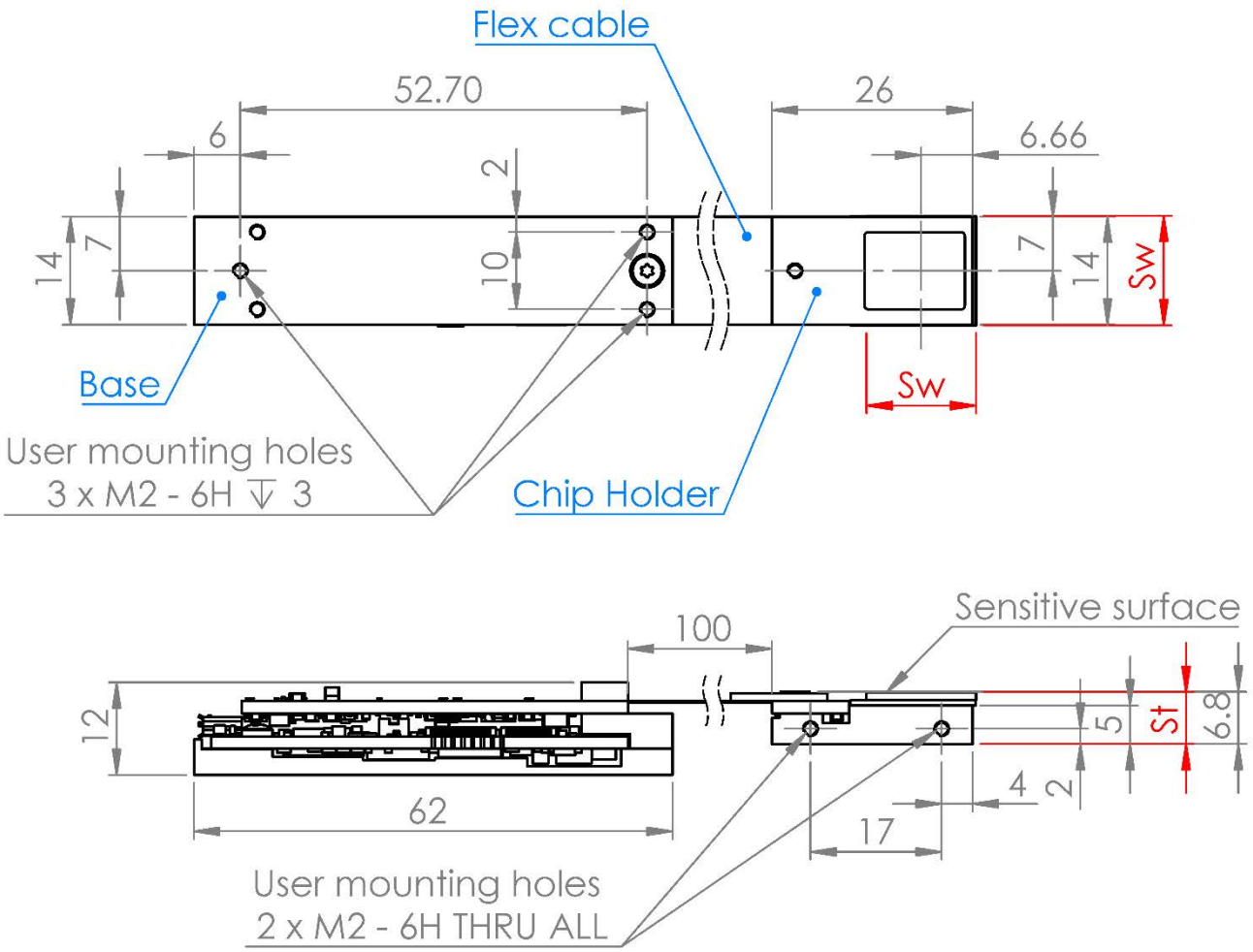
机械尺寸

MiniPIX 型号编号版本：MNXT3F-Xxx190731；MT3Fxx-Xxx190925；MT3F10-Xxx211214
硅传感器版本的机械尺寸。
带铝制底座、支撑 PCB 一侧的装置示意图：



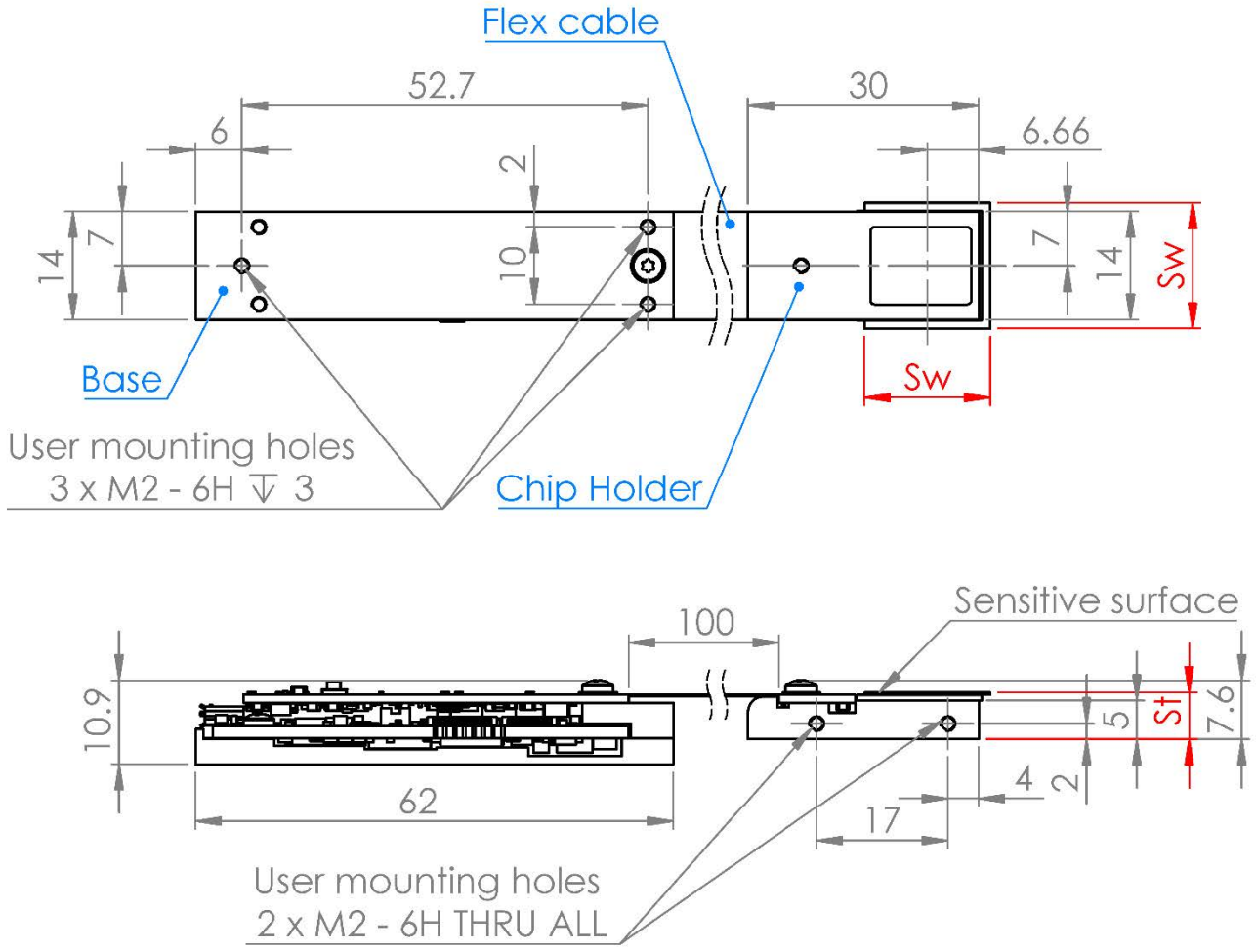
所有尺寸单位均为毫米（mm）。传感器具体尺寸 st 和 sw（以红色标注）详见上图。

MiniPIX 型号编号版本：MNXT3F-Xxx190731；MT3Fxx-Xxx190925；MT3F10-Xxx211214
硅传感器版本的机械尺寸。
带铝制底座、支撑 PCB 一侧的装置示意图：



所有尺寸单位均为毫米（mm）。传感器具体尺寸 st 和 sw（以红色标注）详见上图。

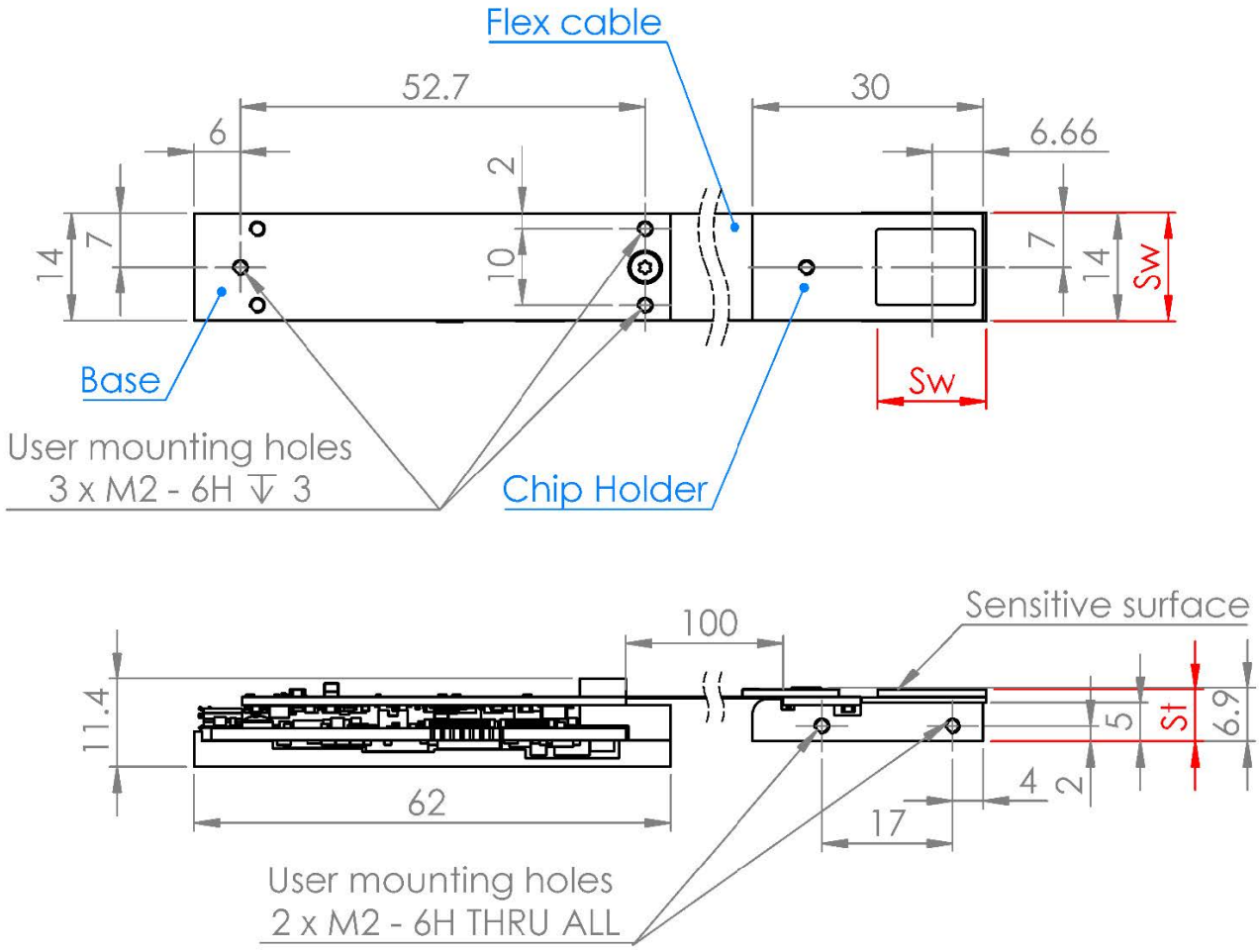
MiniPIX 型号编号版本：T3F10-Xxx220422
硅传感器版本的机械尺寸。
带铝制底座、支撑 PCB 一侧的装置示意图：



所有尺寸单

所有尺寸单位均为毫米（mm）。传感器具体尺寸 st 和 sw（以红色标注）详见上图。

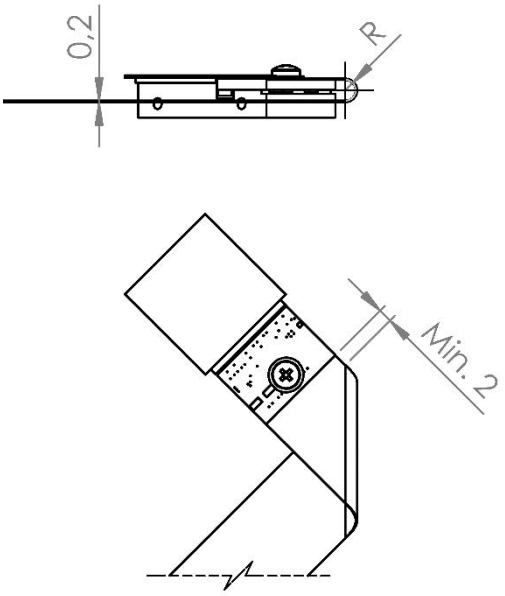
MiniPIX 型号编号版本：T3F10-Xxx220422
碲化镉传感器版本的机械尺寸。
带铝制底座、支撑 PCB 一侧的装置示意图：



所有尺寸单位均为毫米（mm）。传感器具体尺寸 st 和 sw（以红色标注）详见上图。

- 拆卸保护盖以及在无保护盖状态下拿取 MiniPIX MAGIC Flex 时，必须**极其小心**。
- 传感器及键合引线若出现机械损伤，不在保修范围内。

软排线弯曲参数



弯曲半径遵循 IPC-2223 标准（双层柔性 PCB，厚度 0.2 mm）

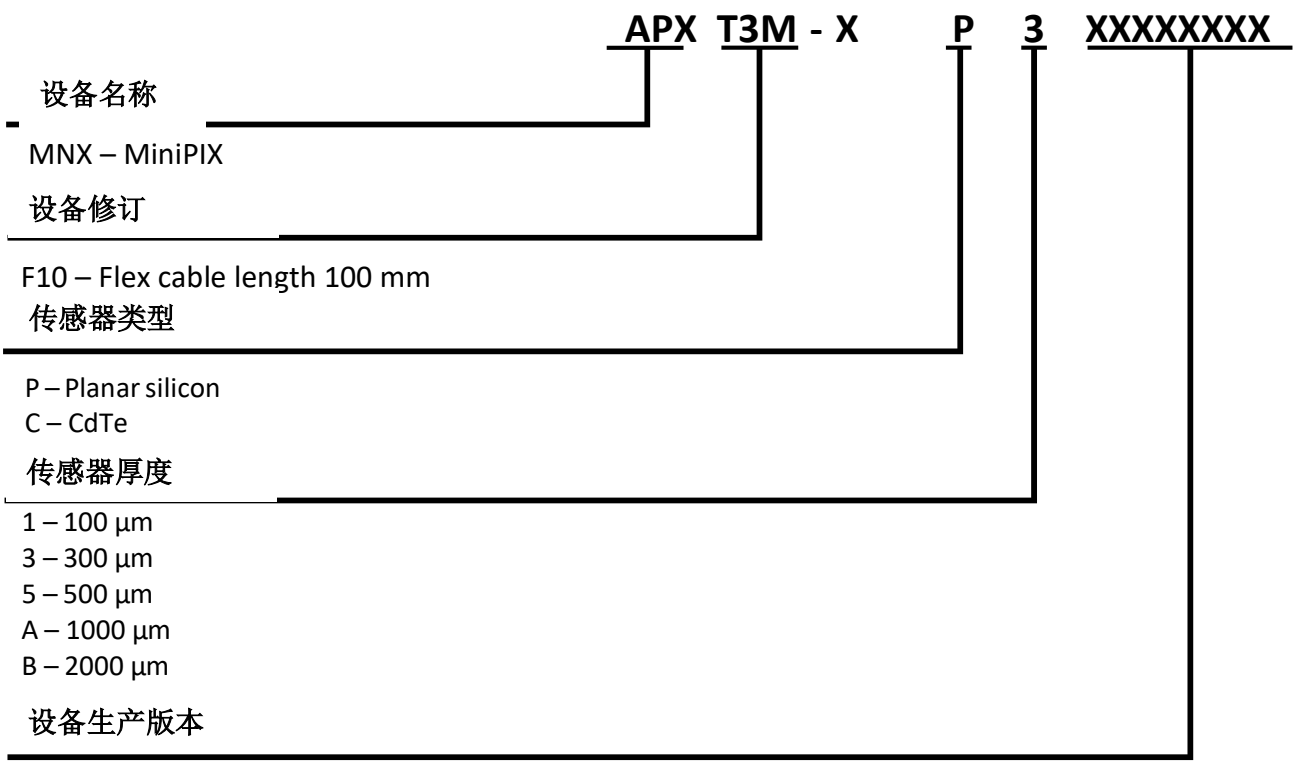
弯曲类型	静态弯曲	半动态弯曲	动态弯曲
最小弯曲半径	2mm	4mm	30mm

传感器典型尺寸

传感器材料	传感器厚度	型号编号	模组厚度 *st* [mm]	模宽度 *sw* [mm]
Si Planar平面硅	100	MT3F10-XP1	5.84	15.45
	300	MT3F10-XP3	6.04	16.28
	500	MT3F10-XP5	6.24	16.28
CdTe碲化镉	1000	MT3F10 XCA	6.74	14.185
	2000	MT3F10-XCB	7.74	14.185

型号代码

示例


APX T3M - X P 3 XXXXXXXX
设备名称
MNX – MiniPIX
设备修订
F10 – Flex cable length 100 mm
传感器类型
P – Planar silicon
C – CdTe
传感器厚度
1 – 100 µm
3 – 300 µm
5 – 500 µm
A – 1000 µm
B – 2000 µm
设备生产版本

安全使用说明

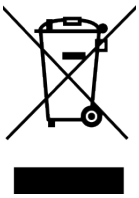


请勿触碰传感器表面！

为避免**MiniPIX MAGIC**发生故障或损坏，请遵循以下事项：

- 请勿暴露于水或潮湿环境中。
- 请勿拆解，否则可能导致引线键合连接不可逆损坏。
- 请勿将任何物体插入传感器窗口。
- 最大USB电缆长度为2米。
- 设备需要进行温度稳定控制，推荐温度为22°C。
- 为了获得最佳性能，需要直接连接到主机设备。通过USB集线器连接可能会对设备的性能和稳定性产生负面影响。
- 如果未按本手册说明使用，产品的防护功能可能会受损。

废弃处置



请勿将这些仪器作为未分类的市政废物处理。请使用单独的收集设施，并联系购买仪器的供应商。请确保废弃的电气废物得到妥善回收，以减少对环境的影响。

发布历史

日期 （年 / 月 / 日）	变更内容	修改者
19/04/12	初步版数据手册	
20/04/03	新版，新增机械尺寸、传感器参数	
22/05/25	新版本；新增真空兼容性，传感器参数，ToA（到达时间）相关内容	
22/08/15	新版本；新增新组件相关说明	
24/03/27	数据手册修订	J. Baborák
24/04/09	测量类型	J. Baborák, D. Doubravová
24/05/24	文档的新图形风格	J. Baborák, D. Doubravová
24/06/07	警告标志更改	J. Baborák
24/06/12	温度稳定化说明已编辑	J. Baborák
24/06/24	添加了USB集线器警告	J. Baborák
24/07/23	小幅格式更改	J. Baborák
26/03/02	文件的图形风格，品牌重塑	P. Bloudek
26/4/10	汉化、排版及校对	Leo,Cavan Huang

关注我们

请联系我们

北京众星联恒科技有限公司

北京市海淀区上地信息路1号1-2号楼B栋

电话： +86-10-86467571 邮箱:sales@top-unistar.com