AdvaPIX
MAGIC Quad

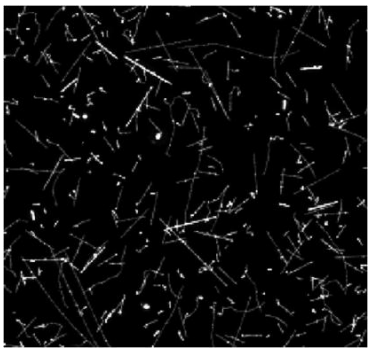
数据手册

型号编号：**A3QxHx-Xxx220308**



基本特性





Timepix3器件单粒子灵敏度说明。在飞机上，5分钟内记录了辐射背景中不同粒子（主要是μ子和少量质子）的径迹。在暗区未观察到噪声（完全为零）。

AdvaPIX MAGIC Quad是一款高精度、快速粒子追踪探测器，搭载4枚 CERN Timepix3 芯片，具备卓越的空间分辨率、时间响应性能与电离辐射探测能力。探测器阵列拥有 **512×512 像素**，同样可在中心开孔，以适配高能直射 X 射线束。外壳与内部电子学的机械设计，使其可在强高能 X 射线束下安全稳定工作，并不会损坏设备。

4 枚 Timepix3 芯片在连续数据驱动模式下，可实现超过 **47 Mhits/s** 的高速组合数据吞吐量。通过记录单个信号击中波形，并结合先进的数据处理方法，可实现几微米级的空间分辨率，对离子探测甚至可达亚微米级精度。可根据应用需求选择 **Si（硅）或 CdTe**（碲化镉）传感器材料及厚度。USB 3.0 接口保证整个系统的高速读出。

AdvaPIX MAGIC Quad的预期用途包括：

- **X射线和γ射线光谱成像：**X射线荧光成像、X射线摄影（低剂量）、闪烁成像或光谱成像、同位素放射摄。
- **能量色散XRD 、 SAXS 或 WAXS ：**无需使用单色X射线源！即使对厚样品也能实现高能照射（例如100keV）！
- **粒子追踪与离子束监测：**探测器可用于初级粒子（如离子）的追踪与标记，以及次级辐射（如裂变、碎裂、反冲、韧致辐射、瞬发/延迟衰变、中子等[1]）的监测。
- **中子成像：**通过沉积转换层可使传感器适用于中子成像[2]。

主要特征

- 读取芯片类型.....Timepix3
- 像素尺寸[3].....55 x 55 μm^2
- 传感器分辨率.....512 x 512pixels
- 时间分辨率.....1.6 ns
- 功耗.....External 12 v
- 传感器材料.....100, 300, 500 μm Si, 1000 μm CdTe
- 暗电流.....无
- 接口.....USB 3.0 （超高速）
- 最大读出速度.....47 million pixels / s
- 尺寸.....210 x 94 x 38 mm
- 重量.....905 g

[1]此设备并非经认证的剂量测量设备。其作为辐射场的一级指示器和监测器，仅用于识别辐射类型。人员辐射防护不能基此设备于的测量结果。
[2]基于^{6}LiF或$^{10}B_4C$的慢中子转换器（效率最高达4%）或PE的快中子转换器。
[3]边缘尺寸为55×110 μm [2]，角落尺寸为110×110 μm^2。

设备参数

工作条件

符号	参数	数值	单位	说明
T_a	工作环境的温度范围[1]	0-50	°C	
Φ	湿度	< 80	%	无凝结
IP	覆盖外壳的IP防护等级	IP40		
IP	无外壳的IP防护等级	IP10		

[1] 温度稳定——参见下文段落。

水冷接口

设备需进行温度稳定处理。请将设备背部连接至水冷板或帕尔贴模块，温度应设置为 22 °C。

AdvaPIX MAGIC Quad使用水连接器，允许快速断开/重新连接。配对连接器作为标准配件包含在内，它们必须连接到4×6 mm 塑料软管上。



- 冷却水的温度必须在22 ± 4 °C范围内。
- 水冷却系统的最大压力：1.2 bar。
- 设备将在芯片或CPU温度超过55°C后自动关闭。
- 适用于无尘室内使用。

电气规格

T_a = 22 °C

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位	备注
VCC	供电电压	11	12	13	V	
ICC	供电电流		1	2.4		
P1	功耗		12	25	W	
I/O Conn. Input LVDS[2]						
VIN	电压范围	0		2.5	V	
VINDIFF	高电平电压	250		600	mV	
I/O Conn. +5 V (pin 8)						
IMAX	最大电流	0		0.05	A	
V+5V	引脚电压	4.5	5		V	
传感器二极管的偏置电压源						
VBIAS	偏置电压	0		-450 到 +150	V	极性取决于传感器类型

[2] 带有强制外部终结器

读出芯片参数

T_{dev} = 22 °C

符号	参数	AdvaPIX MAGIC QUAD	AdvaPIX MAGIC QUAD with hole CdTe	AdvaPIX MAGIC QUAD with hole Si	单位	说明
	像素尺寸	55 × 55	55 × 55	55 × 55	µm²	
	探测器分辨率	512 × 512	512 × 512	477× 477[1]	Pixels	
A	灵敏区域	28.2 × 28.2	28.2 × 28.2	28.2 × 28.2	mm²	

[1]数量包括中心孔35 × 35 px，即2 × 2 mm²

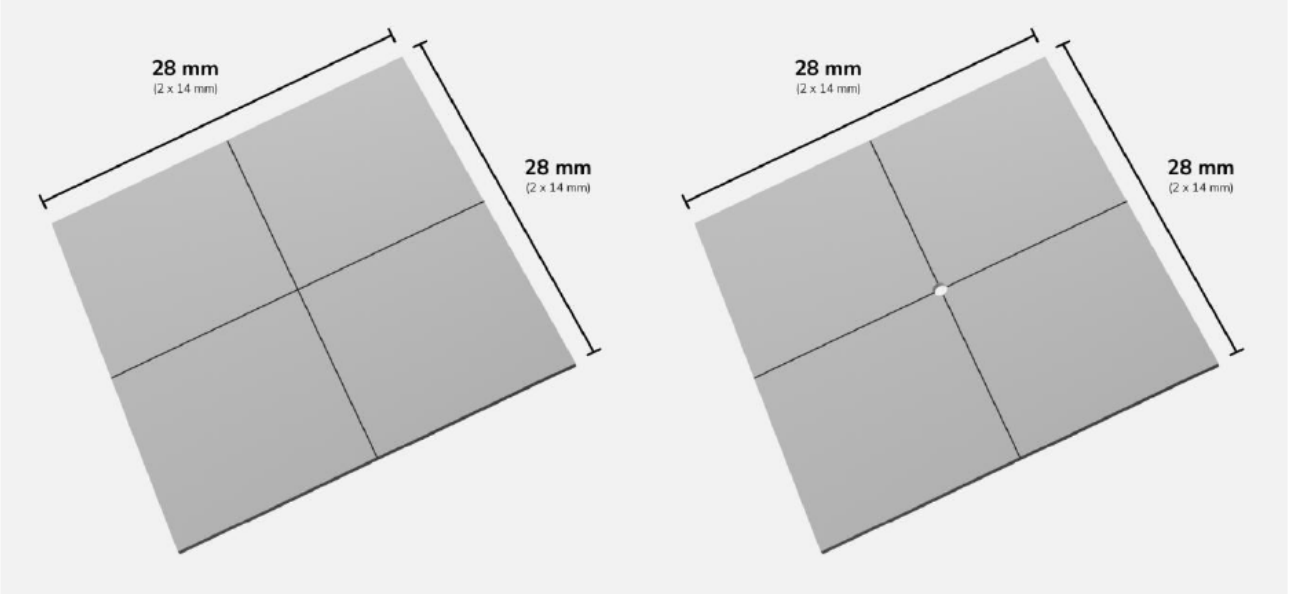
读出芯片布局

该探测器由14.1×14.1 mm²的读出芯片组装而成，芯片通过凸点键合与传感器层相连。

硅传感器：为单片式传感器，在整个有效区域内均具备完整感光能力。在芯片边界处，像素尺寸增大：内侧边缘像素为55×110 µm²，拐角区域像素为110×110 µm²。

碲化镉传感器：由四片拼接而成，传感器片间存在20–30 µm的拼接间隙。与硅传感器相同，靠近拼接边缘的像素尺寸放大至55×110 µm²，拐角处像素为110×110 µm²。

带孔　　不带孔



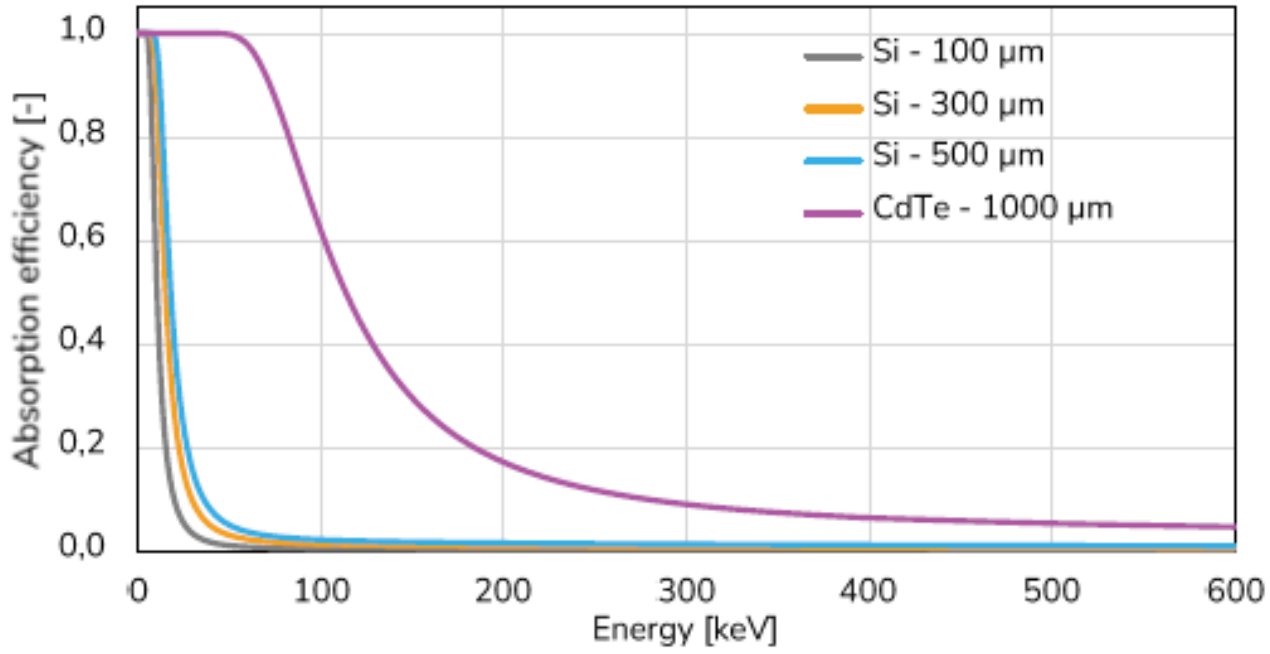
AdvaPIX MAGIC Quad　　AdvaPIX MAGIC Quad (with pin hole – illustrative)

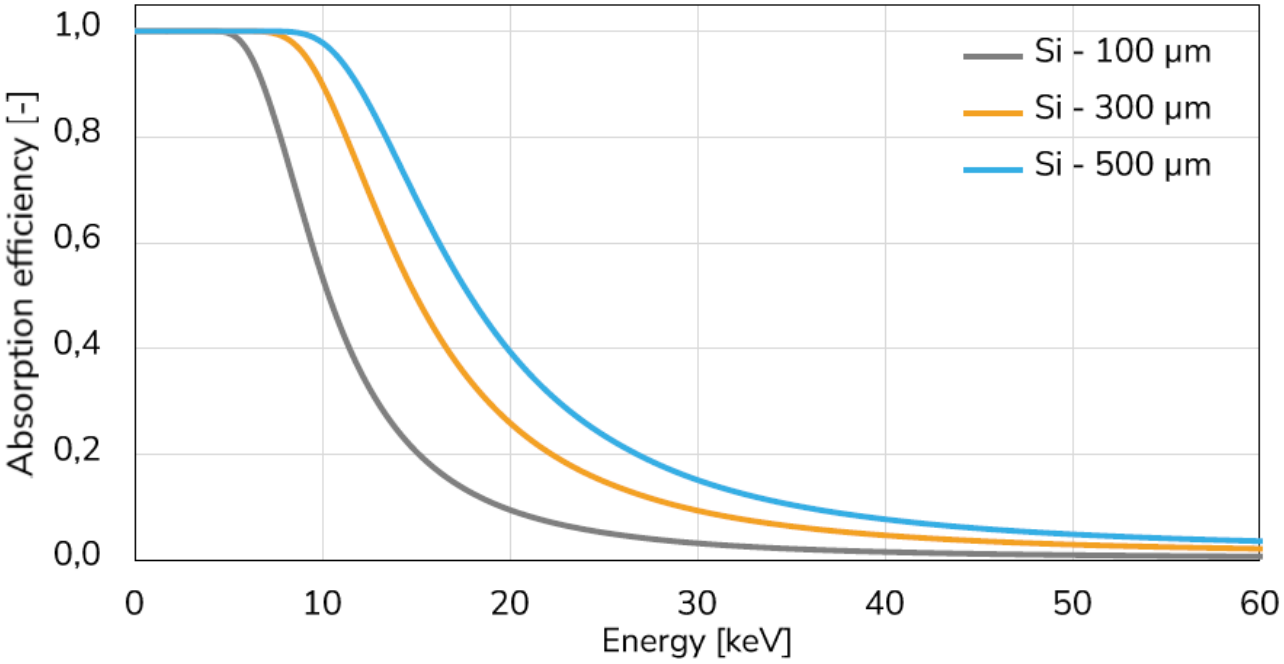
传感器参数

T_{dev} = 22 °C

参数	Si			CdTe	单位	说明
厚度	100	300	500	1000	µm	
全谱模式下的能量分辨率（σ @60 keV）	1.2 – 2.6	1.3 – 2.7	1.4 – 3.5	2.8 – 5.4	keV	
X射线典型可检测能量范围	3.0 - 60			5.0 - 500	keV	参见下表

探测量子效率





基本原理、测量类型与工作模式

电离辐射粒子与传感器材料相互作用产生电荷。该电荷被电场捕获并传输至像素前置放大器，在此被放大并整形为三角形电压脉冲。该脉冲的幅度与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，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）数量（该模式主要适用于帧类型读出）。

过阈时间（ToT）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：

$$Time\ [ns] = ToA*25 - FToA*1.5625$$

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（曝光结束后读取所有像素）	ToA+ToT	18 bit + 10 bit	每次曝光输出2帧图像： ToA = 像素中首个事件到达时间，ToA与FToA[1]合并 ToT = 阈值时间，即校准加载并开启时的能量（单位：keV）
	ToA	18 bit	每次曝光输出1帧图像： ToA = 像素中首个事件的到达时间，ToA与FToA[1]的组合
	Event+iToT	10 bit + 14 bit	每次曝光输出2帧图像： 事件数 = 像素中的事件数量 iToT = 阈值时间积分值，即当校准加载并开启时，像素内所有事件的能量（单位：keV）
像素（仅读取像素在曝光期间连续命中）	ToA+ToT	18 bit + 10 bit	数据流包含每个像素每个事件的4个值：位置、到达时间（ToT）、到达时间（ToA）以及首次到达时间（FToA[1]）（适用于.t3*数据格式）
	ToA	18 bit	数据流包含每个像素每个事件的3个值：位置、到达时间（ToA）和到达时间1（FToA[1]，适用于.t3*数据格式）
	Only ToT	10 bit	数据流包含每个像素每个事件的2个值：位置和ToT（适用于.t3*数据格式）

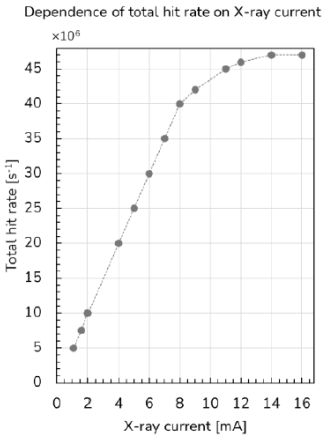
[1] 软件会自动合并ToA与FToA。对于像素类型测量，若以.t3pa文件形式保存，则ToA和FToA将作为独立条目存储。

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

像素测量下命中率评估

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 3mm 铝滤光片）。测量类型设置为“Pixels，模式设为“ToT+ToA”，并使用了使用了设备的特殊高命中率配置。曝光时间设置为0.1秒。使用PIXet Pro软件的“（Clustering）”工具对测量数据进行分析。将每秒触发像素数作为 X 射线管电流的函数绘制曲线，以寻找饱和点 。在每一测量步长中，通过帧模式测量（所有触发事件累积在单帧内）对真实事件数进行验证。
右图数据为在Linux 操作系统下采用4 芯片配置测得；其他操作系统下的最大计数率略低。



性能特点

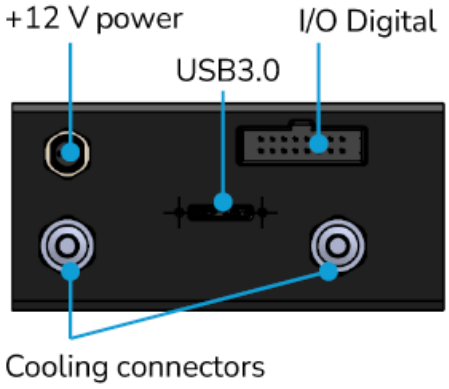
符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位	说明
f_{DEF}	击中率（默认设置）			42	MPixels/s	配备 USB 3.0 线缆
f_{HIGH}	击中率（高击中率设置）			47	MPixels/s	配备 USB 3.0 线缆
	传输速率		2.4		Gbit/s	配备 USB 3.0 线缆
T_{READ}	帧读出时间[1]		33		ms	配备 USB 3.0 线缆
dT	时间分辨率		1.56		ns	

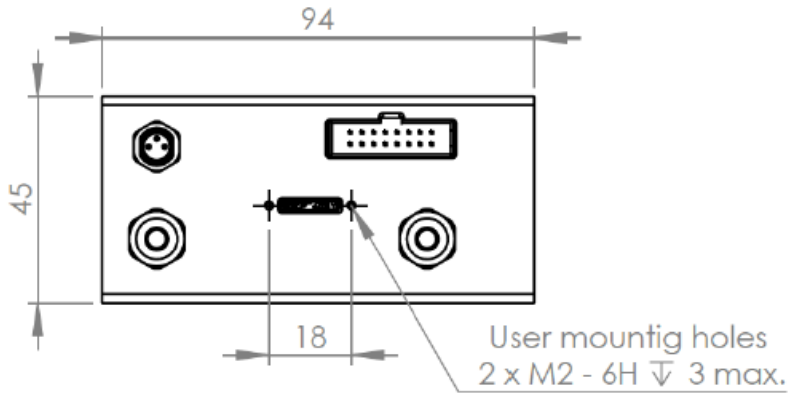
[1] 只在帧模式下——在读出的时间（或死时间）内，传感器未采集到任何信号。

如果您需要调整高命中率设置或有任何疑问，请随时通过 sales@top-unistar.com 联系我们的技术支持。

设备描述

该设备随附一个U 盘，内含：PIXet Pro 软件安装包、专属设备配置与校准文件，以及质量检测报告。





+12 伏直流电源接口

主电源（通过标准3 芯母头 M8 连接器供电）请在插入 USB 连接器后再连接主电源。

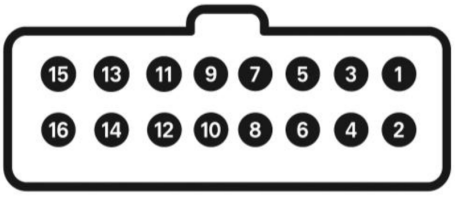
USB 3.0 接口

接口类型为微型 B 型，支持标准 USB 3.0 超高速传输，标配 4.6 米线缆。

数字输入 / 输出接口

I/O 数字连接器上的信号用于同步。输入引脚不兼容 3.3V 或 5V 逻辑电平。引脚 8（+5 V）可用于为小型外部负载供电（最大 50 mA）。

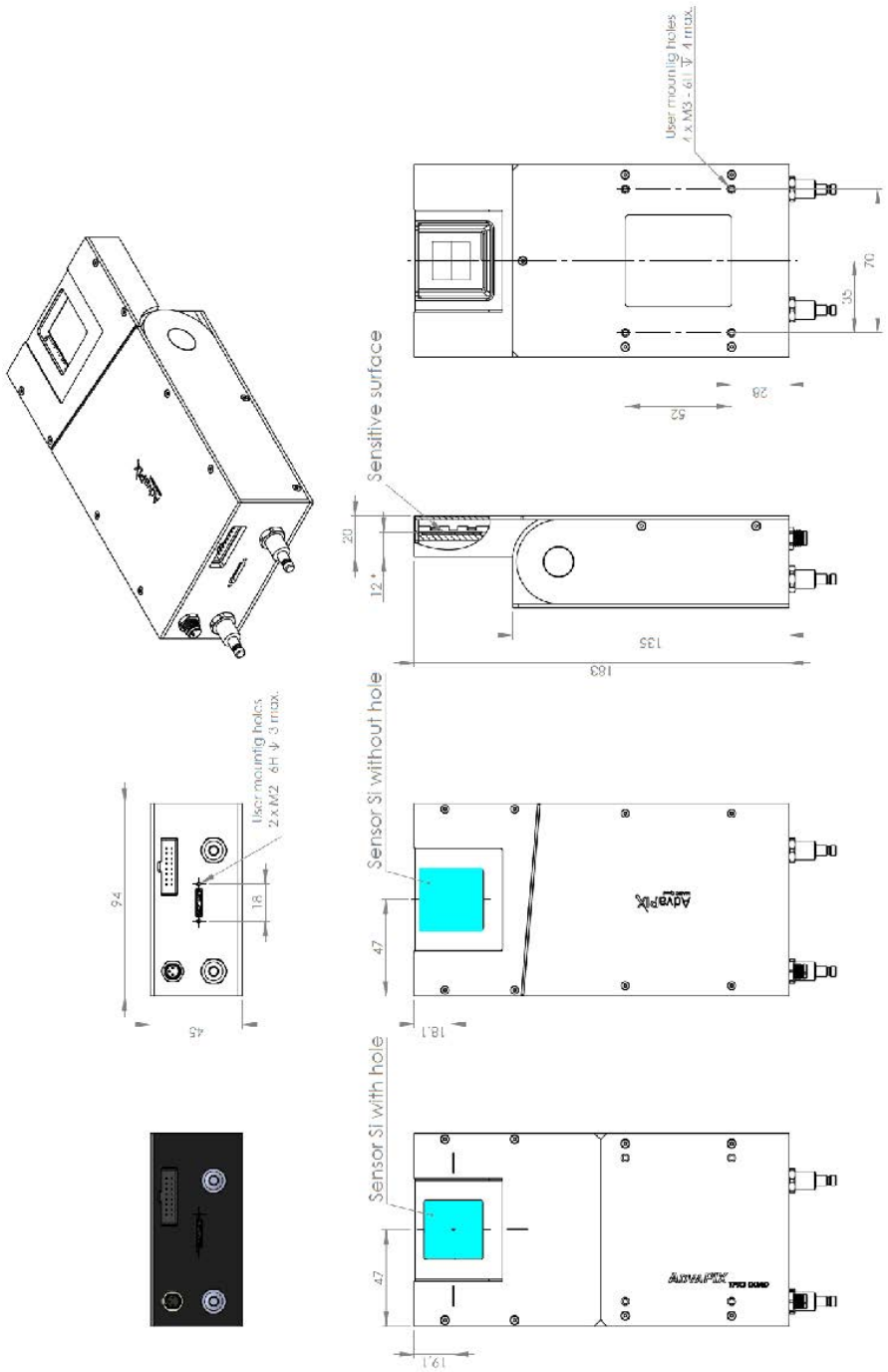
引脚	名称	信号类型	引脚	名称	信号类型
1	预留引脚	M-LVDS	2	预留引脚	LVDS
3	预留引脚	M-LVDS	4	预留引脚	CMOS(2.5V)
5	预留引脚	CMOS	6	预留引脚	M-LVDS
7	GND	-	8	+5V	
9	Master Disable	CMOS 0-2.5V/5V	10	CLK n	LVDS (2.5V)
11	CLK p	M-LVDS (2.5V)	12	T0/Sh-sel	CMOS 0-2.5V
13	Th/Sh p	M-LVDS (2.5V)	14	Th/Sh n	LVDS (2.5V)
15	Ready OUT	CMOS 0-2.5V	16	T0/Sh-CMOS	CMOS 0-2.5V



此连接器仅供内部使用。如需使用同步 I/O 功能，请通过以下邮箱联系我们的技术支持: sales@top-unistar.com

机械尺寸

未配备防护罩时禁止操作！



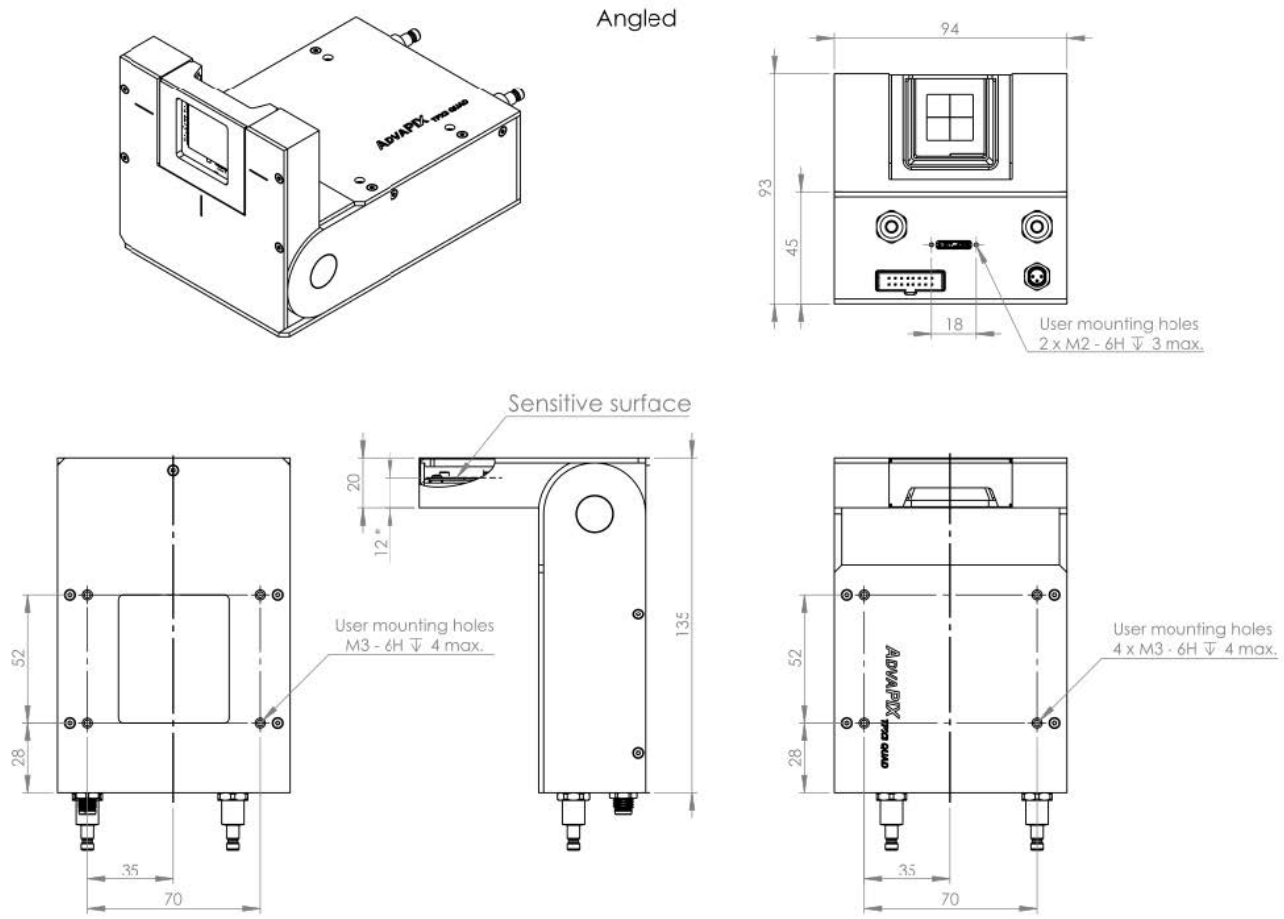
所有尺寸单位均为毫米（mm）。

* 灵敏面距离箱体顶部的距离视传感器厚度而定。

在移除保护盖及未带保护盖操作**ADVAPIX MAGIC Quad**时，必须格外谨慎。传感器及线键合的机械损伤不在保修范围内。

L形变体

模块化敏感区域支持灵活的机械定位与方向调整，可实现线性、L 形等多种几何布局配置。该设计能够精准对准与优化，以满足特定应用场景与系统集成的约束要求。



所有尺寸单位均为毫米（mm）。

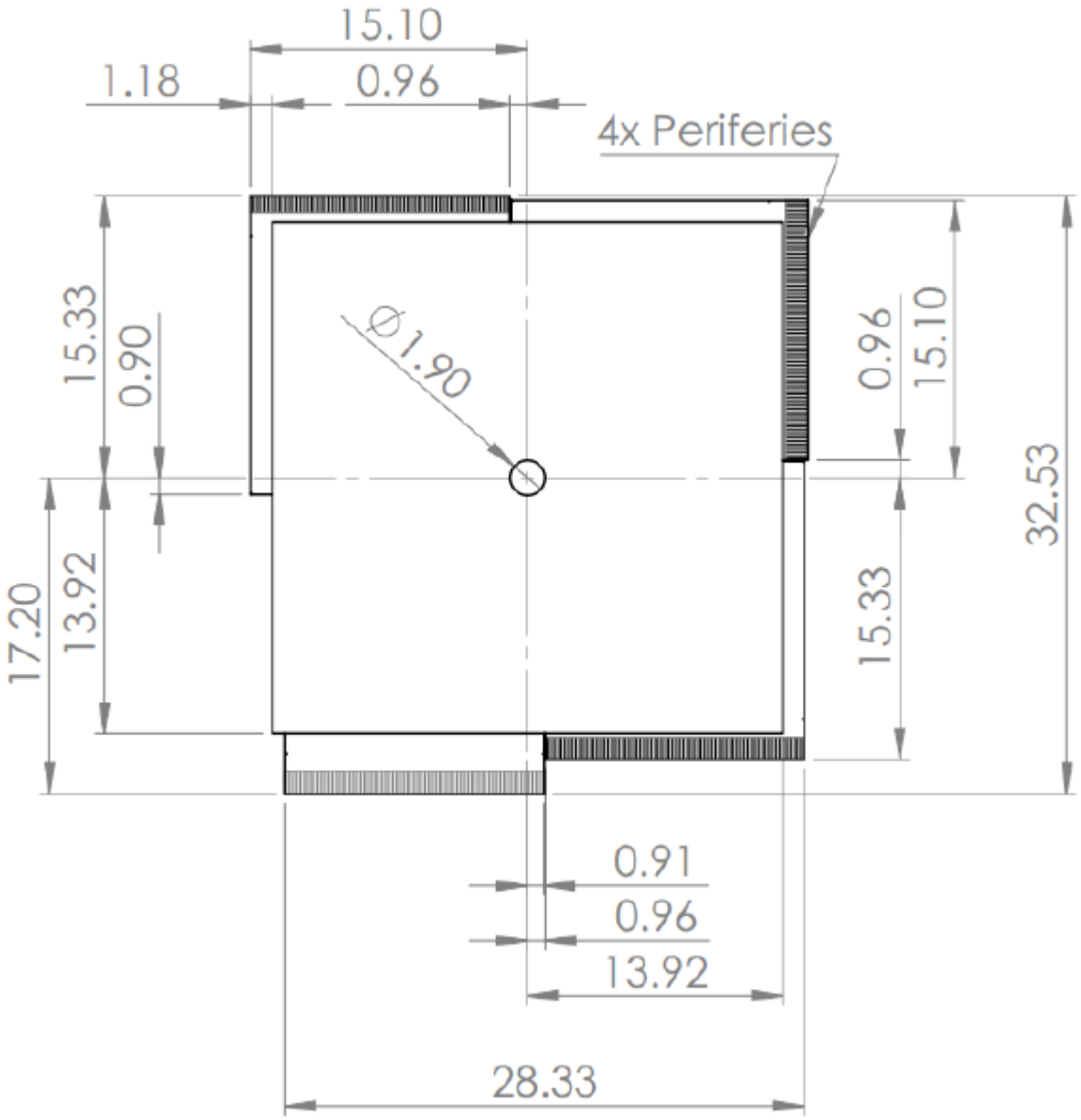
* 灵敏面距离箱体顶部的距离是对于300微米硅传感器。

带孔变体

对于碲化镉（CdTe）传感器，其灵敏区由四块横向错位的传感器构成，环绕中心一个 2×2 平方毫米的束流孔排布。相邻传感器之间的间隙约为 20–30 微米。在芯片边缘区域，像素尺寸有所增大，沿边缘方向为 55×110（微米）。

对于硅传感器，探测区域为连续且完全灵敏的结构，探测片之间无间隙。其读出芯片采用相似布局，中心同样设有 2×2 平方毫米的开孔。硅传感器版本的总灵敏区面积（含开孔）为 26.2×26.2 平方毫米。在芯片边缘区域，像素尺寸同样有所增大，内侧边缘像素为 55×110 平方微米。

详细方案见下图。



安全使用说明



请勿触碰传感器表面！

为避免您的 ADVAPIX MAGIC Quad发生故障或损坏，请遵守以下规定：

- 请勿将设备暴露在水或潮湿环境中。
- 请勿拆解设备，否则引线键合连接可能会受到不可逆损坏。
- 请勿将任何物体插入传感器窗口。
- 该装置需进行热稳定处理。建议温度为22摄氏度。
- 取下保护盖，或在无保护盖状态下操作 AdvaPIX MAGIC Quad 探测器时，必须格外小心。传感器及键合引线若出现机械损伤，不在保修范围内。
- 若以非本文件所述方式使用本产品，其提供的保护作用可能受损

废弃处置



请勿将这些器械作为未分类的市政垃圾处理。
请使用单独的收集设施，并联系器械采购供应商。
请确保废弃电子废物得到妥善回收，以减少对环境的影响。

发布历史

日期（年/月/日）	变更内容	变更人
23/06/01	初步数据手册（A3QxHx-Xxx220308）	P. Soukup; M. Koprda; M. Jakubek; J. Jakubek
24/02/12	新增版本（S12/A12）；增加图纸	M. Kasal
24/04/26	数据手册修改	J. Baborák
24/06/04	文档的新图形样式，添加了击中率测量细节	J. Baborák, P. Bloudek, D. Doubravová
25/01/17	正式发布	J. Baborák, D. Doubravová
25/04/30	碲化镉版本添加，logo更新	J. Baborák
25/05/15	传感器分辨率更新	J. Baborák
26/03/06	文档的新图形样式，重新命名，修改参数和芯片布局。	P. Bloudek S. Valtera
2026/4/10	汉化、校对及排版	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

众星联恒 Top Unistar
Explore the unknown