

LBTEK

PD-SAF-400A 系列 硅雪崩光电探测器



■ 用户使用手册

■ 硅雪崩光电探测器

一. 简介

1.1 基本信息

LBTEK 的 PD-SAF-400A 雪崩光电探测器结合了一个高灵敏度的 Si 雪崩光电二极管，用于检测从直流到 385MHz 的光信号。PD-SAF-400A 系列雪崩光电探测器具有极低的 NEP，是快速低功率光探测应用的理想选择，同时还广泛应用于光谱学、荧光测量、激光雷达和光学测距仪等领域。由于其非常高的灵敏度，PD-SAF-400A 系列雪崩光电探测器可以在许多应用中取代光电倍增管 (PMT)。雪崩光电探测器不会被响应波长外的环境光损坏，而普通光电倍增管不具备这种能力。PD-SAF-400A 可以通过连续调整 APD 的 M 倍增因子，实现增益的连续可调功能。此外 PD-SAF-400A 还包含了一个特殊的控制电路可以对 M 因子进行温度补偿。

1.2 注意事项

- A. 任何包含此设备的系统的使用安全都由系统的使用者负责。
- B. 本说明书中所有有关安全操作和技术数据的说明仅适用于设备按设计方式正确使用。
- C. 禁止在有易燃易爆风险的环境中使用 PD-SAF-400A!
- D. 禁止在仪器上覆盖有物品时操作使用!
- E. 禁止私自拆卸机盖!
- F. 请勿私自打开设备检修，仪器内部并没有使用者可以维修更换的零部件!
- H. 只有经 LBTEK 书面同意，才能更改单个组件或使用非 LBTEK 提供的组件。
- I. 所有模块只能使用具有防护功能的缆线进行连接，禁止使用裸线连接仪器。
- J. 带有无线电发射功能的设备（如手机等）不建议在该仪器的 3 米范围内使用，因为产生的电磁场强度可能会超过 IEC61326-1 允许的最大干扰值。

二. 正文

2.1 产品清单

签收前请检查包装箱是否有损坏。如果包装箱有损坏，请仔细检查内部产品是否有损伤。产品包装箱中包含以下物品：

- 1.PD-SAF-400A 可变增益雪崩光电探测器
- 2.金属盖帽
- 3.电源 ($\pm 9\text{ V}$, 166 mA ; 120 V , 1 mA) , 100 VAC , 120 VAC 或 230 VAC 线路电压
- 4.产品使用说明书(提供电子版, 可在麓邦商城网站产品详情中下载)

2.2 准备工作

- 在准备操作前，请先检查电源上标示的线路电压范围是否与您的使用的电源电压相匹配！
- 如果您想使用自己的电源，您可以向LBTEK 咨询电源适配要求。
- 请注意打开设备包装时需要小心设备跌落或者损坏。如果发现任何有损坏，请不要继续使用 该设备。请联系 LBTEK 售后支持，我们会为您提供完备的售后服务。
- 如有必要，请将该设备安装在光学平台或固定设备上使用。该装置有 2 个安装孔可使用 (请 参见安装部分有关详细信息)。
- 拆下保护光学输入端口的金属保护盖。
- 如有必要，可以安装外部光学器件，如滤光片、光阑或光纤适配器。
- 将电源插入到电源插座上。
- 打开电源开关
- 用电缆将输出端连接到数据采集设备上。

三. 操作说明

3.1 工作原理

LBTEK 的 PD-SAF-400A 可变增益雪崩光电探测器使用了高灵敏度 Si 雪崩光电二极管和专门设计的超低噪声跨阻抗放大器相结合，可用于探测从直流到 385 MHz 的光信号。缓冲输出级可以向 $50\ \Omega$ 的阻抗负载输出高达 2.0 V 的电压，且运行时不需要外部高压电源。

PD-SAF-400A 雪崩光电探测器具有极低的 NEP，能够应用在高速低功率光信号探测上，如光谱学、如荧光测量、激光雷达和光学测距仪等。由于其非常高的灵敏度，

PD-SAF-400A 系列雪崩光电探测器可以在许多应用中取代光电倍增管 (PMT)。雪崩光电探测器不会被相应波长外的环境光损坏，这是普通光电倍增管不具备的。

雪崩光电二极管使用的是一个内部增益机制来提高灵敏度。在材料掺杂浓度较低的 PN 结中，当 PN 结反向电压增加时，空间电荷区中的电场随着增强。这样，通过空间电荷区的电子和空穴，就会在电场作用下获得的能量增大，在晶体中运动的电子和空穴将不断地与晶体原子又发生碰撞，当电子和空穴的能量足够大时，通过这样的碰撞可使共价键中的电子激发形成自由电子-空穴对。新产生的电子和空穴也向相反的方向运动，重新获得能量，又可通过碰撞，再产生电子-空穴对，这就是载流子的倍增效应。当反向电压增大到某一数值后，载流子的倍增情况就像在陡峻的积雪山坡上发生雪崩一样，载流子增加得多而快，这样，反向电流剧增，PN 结就发生雪崩击穿。这导致了电子雪崩，所产生的增益系数高达数百倍。雪崩光电探测器的增益系数取决于加载在雪崩光电二极管两端的反向偏置电压，并可由 M 倍增因子来描述。由于内部反应过程，M 因子与温度有关，因此在一个固定的反向偏置电压下，M 因子会随温度而变化。一般来说，M 倍增因子会随着温度的降低而增加。PD-SAF-400A 系列的雪崩光电探测器通过一个热敏电阻感测 PD-SAF-400A 外壳内部的温度，并由一个特殊的电子电路根据温度的变化来控制施加到二极管的反向电压，达到稳定倍增因子的目的，实现探测器的温度补偿。

PD-SAF-400A 探测器有一个旋转增益旋钮，允许雪崩光电二极管的反向偏置电压在一定范围内调整，调节 M 倍增因子的变化，即增益的变化。

PD-SAF-400A 系列通过附带的($\pm 9\text{ V}$, 166 mA; 120 V, 1 mA) YC8-4 电源连接器供电。

3.2 光学输入

PD-SAF-400A 使用了一个硅雪崩光电二极管，探测器有源面积直径为 0.2 mm，工作范围为 400 nm 至 1000 nm。典型的响应率曲线如附录所示。

因为探测器有源面积非常小，在光束对准探测器的调试时需要格外的小心。此外也可在探测器前使用透镜辅助将平行光束聚焦成小光斑，方便探测器接收对准。探测器外壳前端设计有螺纹接口，方便用户在探测器前添加附件元件。可以安装外部光学，滤光片，光圈或光纤适配器。

对于光纤耦合应用，为了满足要求，建议将光纤中的光信号通过透镜聚焦打在探测器上。

需要注意的是，由于探测器尺寸较小，在进行光纤适配器耦合探测时可能会产生额外的耦合损

耗，可能会出现输出信号减弱的情况。如果使用带角度的跳线和接头(如 APC 接头的 8° 端面角，出射光与轴线偏转大约为 3.75° 左右)，可使用对应的 APC 接口光纤法兰调整入射到探测面的光束角度，以期达到最佳的耦合效率。在整个耦合调试过程中，请使用低于饱和功率的光输入功率，并同时观察数字电压表或其他低频测量设备上的输出电压。High-Z 端的最大输出电压摆动为 4.1V。当输入光功率大于附件中所列连续光饱和功率时，输出电压也将达到饱和状态，这时的测试结果是不准确的。若确实需要测量较大功率的光信号，请务必使用相应的中性密度滤光片或衰减片，确保到达探测器表面的光功率低于仪器承受的光功率阈值。

需要特别注意的是雪崩光电探测器对环境中的杂散光非常敏感，因此在进行实验测量时，需要尽可能的避免环境光的影响。可以使用黑色遮光罩、遮光帘或者其他可营造暗室环境的遮挡物，以期保证探测器面尽可能少的接收到来自非探测光的杂光影响。

特别注意

光最大光功率为 1 mW。任何超过这个值探测光将会对雪崩光电探测器造成不可逆的损伤!

3.3 电输出

LBTEK 的 PD-SAF-400A 雪崩光电探测器的输出电压函数如

$$V_{\text{out}} = P_{\text{opt}} \times R_m(\lambda) \times G$$

其中 P_{opt} 为入射光功率， $R_m(\lambda)$ 为探测器的响应度，是波长与 M 因子的函数，G 为跨阻增益。

$R_m(\lambda)$ 对于一个给定的波长，可以在附录中的光谱响应曲线找到对应的相应数值来评估输出电压。

在 23°C 环境温度下，PD-SAF-400A 的 M 系数 (增益) 设置范围为 10 到 100。

该放大器的跨阻增益 G 为 10 kV/A。请注意，如果连接到 $50\ \Omega$ 的负载，输出电压将降低 0.5 倍。

探测器最大输出电压的摆动为 4.1V 在高阻抗负荷 ($2.0\ \text{V}\ 50\ \Omega$) 的情况下。根据探测器的波长响应率 $R_m(\lambda)$ 和 M 因子，放大器在光输入功率大于附录中所列出的连续光饱和功率时将达到饱和。为避免饱和，请保持输出信号低于规定的最大输出电压。

PD-SAF-400A 雪崩光电探测器的输出是一个 BNC 连接器。

放大器偏移电压出厂设置为零。由于阻抗增益非常大，微小的温度变化也可能会影响偏移电压。因此，建议在短时间的热机 (~5 分钟) 后，尽可能的在恒温环境下使用雪崩光电探测器以保证精确的测量。

四. 安装

PD-SAF-400A 探测器安装在一个 $72.7 \times 65 \times 38.5$ mm 屏蔽铝外壳中。在探测器接受口处设计了一个可拆卸的螺纹接口，可兼容 M11 的螺纹配件。可以很方便地使用 M11 镜筒或其他机械件来安装外部光学，滤光片或光纤适配器。电信号输出接口在外壳的顶部，光学增益调节旋钮和开关位于外壳的侧壁上。为了最大化探测器的安装灵活性，PD-SAF-400A 在两边侧壁上分别设计了 1 个 M4 的螺纹安装孔，这些螺纹孔以将探测器安装到连接杆或底座上。

LBTEK

五. 操作

将电源电缆接头与 PD-SAF-400A 的电源接口连接，然后将电源插头插在 220V 插座中。
将增益 旋钮顺时针调节至其最小 (Min) 位置。

将被探测光束对准探测器窗口。输出信号不得超过最大输出电压，以避免输出电压饱和。在输入光功率较大的情况下建议使用外加中性密度滤波器或衰减器来降低输入光功率避免造成探测器过饱和甚至导致探测面损伤。

增益调节可用于将输出电压放大/缩小调节到一个合适的值。

注意 1:

由于雪崩倍增过程中产生电子和空穴和无规则性产生噪声，所以噪声会随着增益增加而增加。同样地，由光电转换产生的电信号也会随着放大。这意味着，若想获得最佳的信噪比，在设置增益 时需要谨慎调节不能一味追求较大的输出电压。

当测量完成后，先将增益调制 Min 最小档，然后再将电源关闭。

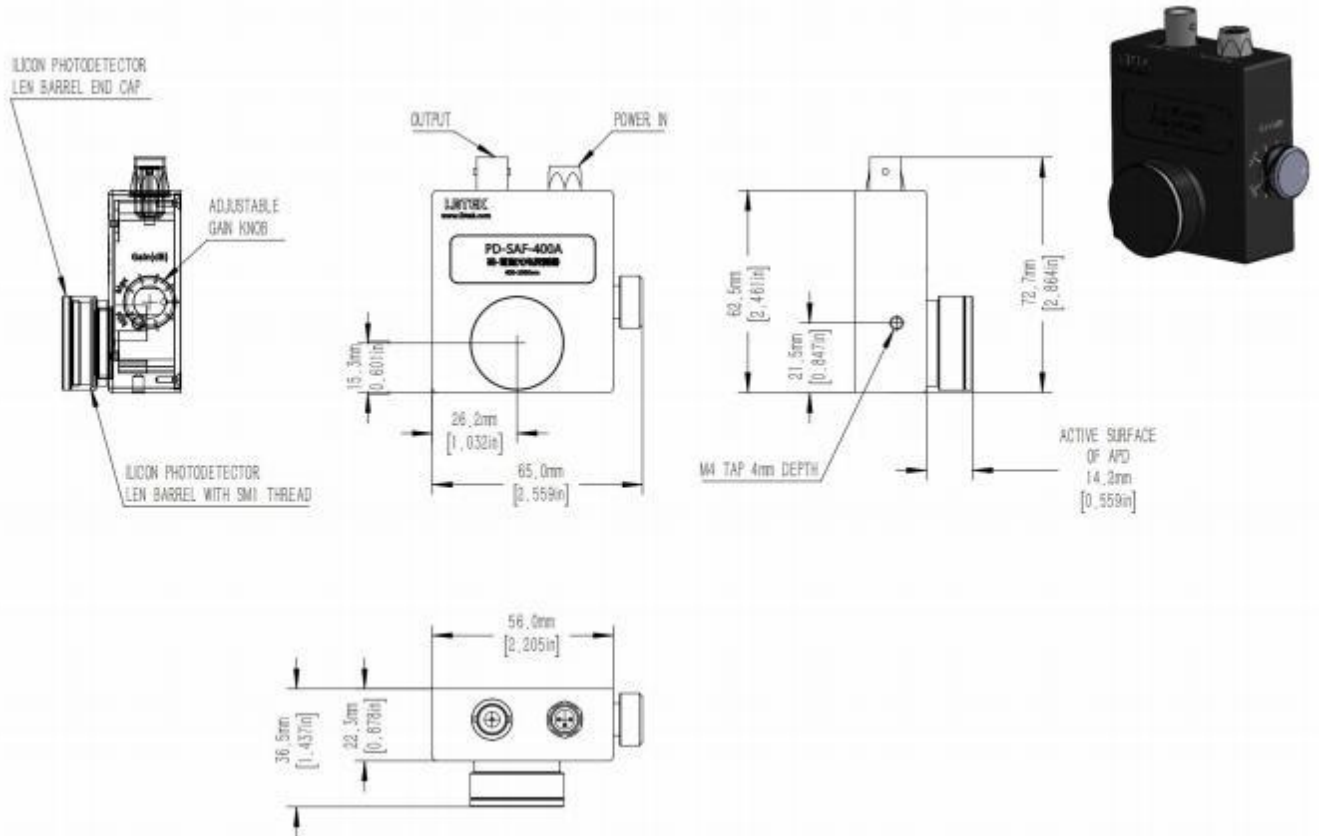
注意 2:

为避免放大器饱和，请确保光输入功率不超过规格书中列出的最高输入光功率值。

注意 3:

超过输入光功率阈值可能会对探测器产生不可逆损伤!

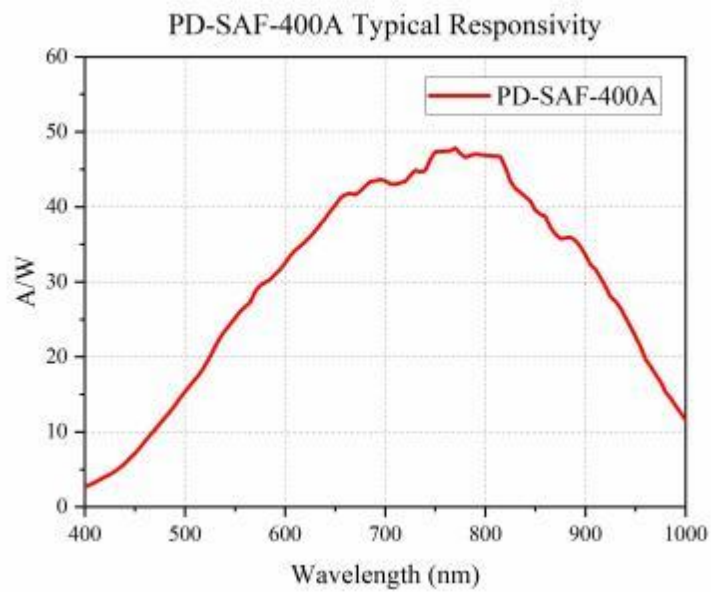
附录 1-外观尺寸图



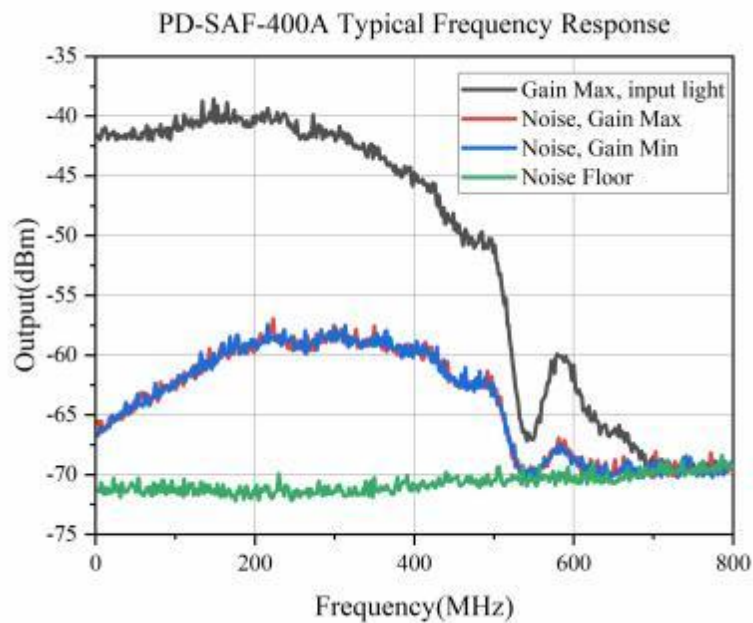
附录 2-参数表

参数	数值
光谱响应范围	400-1000 nm
感光面直径	200 μ m
带宽 (3dB)	385 MHz
峰值光谱响应@M=100	48 A/W
峰值光谱光电转换增益	4.2×10^5 V/W
增益 (M) 调节范围	10-100
本底噪声幅度 (RMS)	5 mV
增益的温度稳定性	$\pm 1.5\%$

附录 3-光谱响应曲线



附录 4-频谱响应曲线





麓邦公众号

产品上新/商城活动/技术文章/展会会议

麓邦商城 — 您身边的光电实验好帮手!

深圳市麓邦技术有限公司

Shenzhen LUBON Technology Co.,Ltd.

地址：深圳市南山区打石一路深圳国际创新谷6栋A座2103

电话：400-060-6986

官网：www.lubon.com

邮箱：service@lbtek.com ; sales@lbtek.com

长沙麓邦光电科技有限公司

Changsha LUBON Photoelectric Technology Co.,Ltd.

地址：长沙市岳麓区环创企业广场A6栋

电话：400-060-6986

官网：www.lbtek.com

邮箱：service@lbtek.com ; sales@lbtek.com

 **400-060-6986**