

# HELIDA TECHNOLOGY PHOTON MODULE

## 单光子计数模块

### SPCM-APD 频率输出探测器

## 产品介绍

SPCM-APD 系列单光子计数模块采用工作在盖革模式下的 APD，用于在 350 nm 至 1060 nm 波长范围内探测单个光子。该系列产品面向光子计数应用，兼具高量子效率、宽动态范围和易用性。

每检测到一个光子，模块即产生一个 TTL 电平脉冲；该信号通过模块后部带 SMA 公头连接器的射频线输出。输出信号应端接 50  $\Omega$  负载。门控功能可在两次测量之间关闭模块，以防止意外过载。

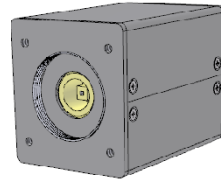
光电二极管采用热电制冷并进行温度控制，可在环境温度变化时保持稳定性能。模块外壳工作温度范围为 -5  $^{\circ}\text{C}$  至 +28  $^{\circ}\text{C}$ 。

SPCM-APD 的死时间约为 38 ns，可提高线性度并改善模块动态范围；模块的时间分辨率也得到明显提升。

SPCM-APD 在蓝光至黄光波段具有较高的光子探测效率 (PDE)。

SPCM-APD 工作于盖革模式，探测器增益可达  $10^6$  -  $10^8$ 。

SPCM-APD-xxx



## 主要特点

1. 低暗计数率
2. 峰值 PDE:
  - >10% @ 410 nm
  - >50% @ 532 nm
  - >55% @ 830 nm (12)
3. 动态范围 > 17 Mc/s
4. 门控输入

## 典型应用

5. 激光雷达 (LiDAR)
6. 粒径测量
7. 光学测距
8. 荧光分析
9. 天文观测
10. 量子密码
11. 超灵敏荧光检测
12. 光子相关光谱分析

# 表 1 SPCM-APD-xxx 规格参数 (@18 °C, 除非另有说明, 适用于所有型号)

参数	最小值	典型值	最大值	单位
供电电压 (1)	11.5	12	12.5	V
供电电流		0.1	0.2	A
电源线总电阻		0.2	0.3	$\Omega$
外壳工作温度 (1,2)	-5		28	$^{\circ}\text{C}$
有效区直径		500		$\mu\text{m}$
有效面积		0.2		$\text{mm}^2$
光子探测效率 (PDE)				
405 nm (11)	50	55		%
532 nm (11)	60	70		%
670 nm (11)	50	55		%
830 nm (12)	45	55		%
暗计数 (3,4)				
SPCM-APD-x0x			1500	计数/秒 (CPS)
SPCM-APD-x1x			1000	
SPCM-APD-x2x			500	
SPCM-APD-x3x			250	
SPCM-APD-x4x			100	
输出脉冲宽度 (5)	8	10	12	ns
死时间 (6)				
SPCM-APD-Axx	35	38		ns
SPCM-APD-Bxx	42	47		ns
输出脉冲幅度 (7) @1 k $\Omega$ (50 $\Omega$ )	4(2)	4.4(2.2)		V
TTL HIGH			0.8	V
TTL LOW				
单光子时间分辨率 (8)		700	800	ps
后脉冲概率 (9)		3		%
上电后稳定时间 (1% 稳定度), 1 Mc/s、25 $^{\circ}\text{C}$		5	10	s
饱和前输出计数率 (10)	15	17		Mc/s
门控阈值电压				
低电平	0		0.4	V
高电平	2.4		5.25	V

门控开/关输入 禁用 = TTL 低电平 (<0.4 V) 启用 = TTL 高电平 (>2.4 V)		40 50	45 65	ns ns
---	--	----------	----------	----------

## 表 1 注释

1. 连接错误电压或反接电压可能损坏甚至毁坏模块；由此造成的损坏不在保修范围内。黄色导线为 +12 V，黑色导线为 GND。
2. 模块平均耗散功率为 2.0 W；在高计数率和超过 70 °C 条件下，最大功耗为 6 W。必须通过模块底部安装孔将模块固定到合适散热器上，以提供充分散热。为满足标称性能，模块外壳温度不得超过 70 °C；为获得最佳性能，外壳温度不得超过 25 °C。
3. 少量交付模块中观察到暗计数双稳态。研究表明，该双稳态很可能由单个杂质位点在低能态与高能态之间转换引起。
4. 在暗环境下，模块会产生服从泊松分布的随机计数。在泊松过程中，标准偏差等于平均计数的平方根。本规格书中的“暗计数变化”指模块平均计数的稳定性。
5. 输出脉冲宽度按标准设置为在 50 Ω 负载、2.2 V 条件下 10 ns ± 2 ns。
6. SPCM-APD-Axx 的死时间为 38 ns，SPCM-APD-Bxx 的死时间为 47 ns。实际光子率可按下式计算： $N = M / (1 - M \times t)$ 。其中 N 为实际计数率 (photons · s<sup>-1</sup>)，M 为测得计数率 (s<sup>-1</sup>)，t 为死时间 (s)。
7. 末端接时，输出脉冲高度标准为 4.4 V ± 0.4 V。
8. 时间分辨率取决于计数率和波长；测量时间分辨率时，使用直径小于 10 μm 的光斑。
9. 在 830 nm、5% 光子探测概率条件下定义；后脉冲指主脉冲后 1 μs 至 60 s 内出现的脉冲。
10. 典型死时间设置为 38 ns 时，饱和前典型最大计数率为 24 Mc/s。若使用约 62 ns 的最大死时间设置，典型最大计数率约为 12 Mc/s。请注意，较长死时间会降低线性度。
11. 适用于 SPCM-APD-Axx 模块。
12. 适用于 SPCM-APD-Bxx 模块。

**表 2 绝对最大额定值**

供电电压 (1)	13 V
最大计数率	当外壳温度保持在规定的限值范围内时, 可持续承受最大计数率。
峰值光强	最大 $10^4$ photons/pulse, 光脉冲宽度 < 1 ns。
外壳温度 (2)	-20 °C/+85 °C 存储; -5 °C/+28 °C 工作。

图 1 SPCM-APD 模块框图 (保留原图)

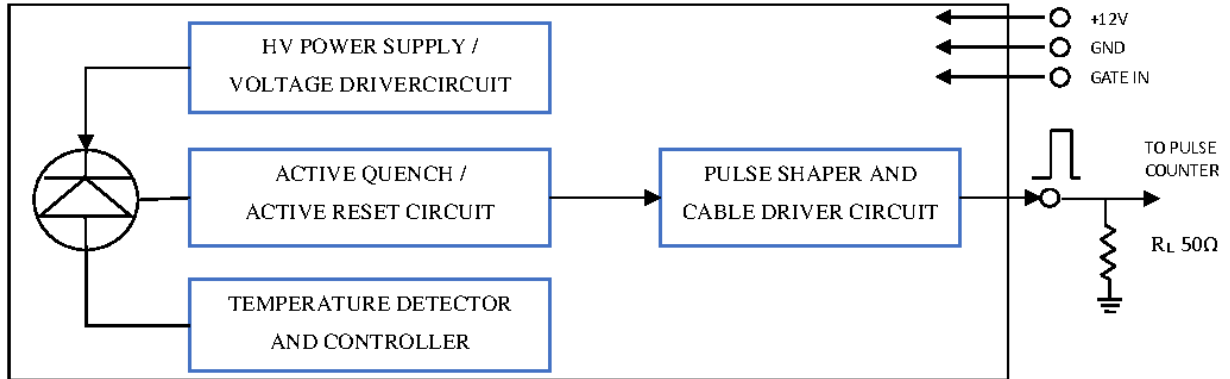


图 2 SPCM-APD 模块电气连接

输出连接器	数字 OUTPUT 脉冲 (蓝色导线, TTL 电平, >1.5 V) 应端接 50 Ω 负载, 以避免失真和振铃。建议计数器和示波器触发电平设置为 1.0 V, 以避免噪声触发。TTL 指晶体管-晶体管逻辑 (Transistor-Transistor Logic)。
门控连接器	GATE 输入 (绿色导线) 的阻抗在模块内部通过 10 kΩ 上拉电阻连接至 +5 V 电源 (标准模块版本)。该输入可由标准 TTL 电平信号驱动。工作方式: TTL 高电平 - 模块计数; TTL 低电平 - 禁止计数。
电源连接器	黄色导线为 +12 V, 黑色导线为 GND。导线反接可能损坏模块。

图 3 典型光子探测效率 (PDE) 与波长关系 (SPCM-APD-Axx)

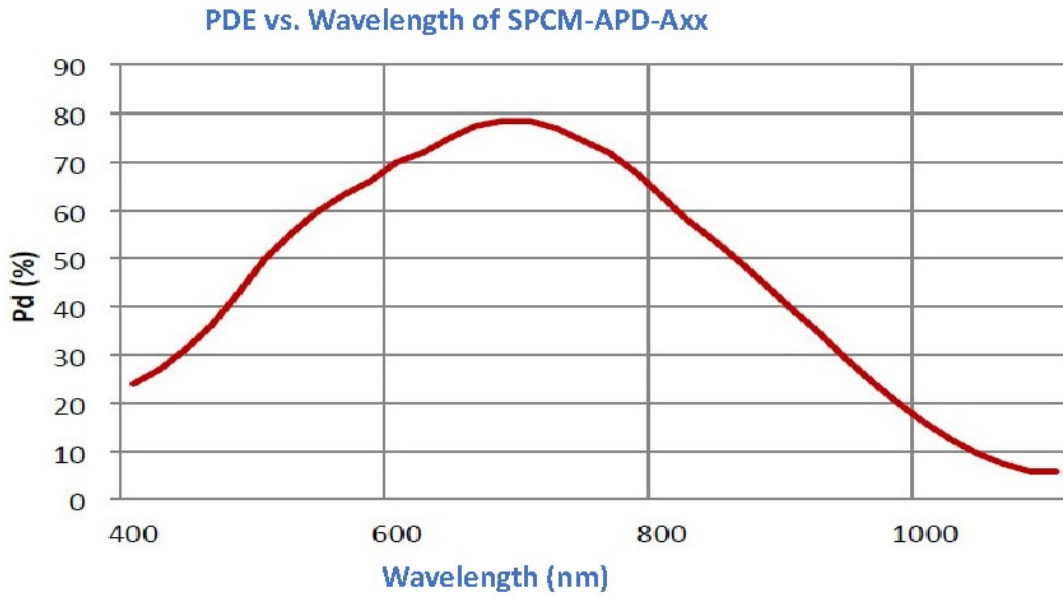


图 4 典型光子探测效率 (PDE) 与波长关系 (SPCM-APD-Bxx)

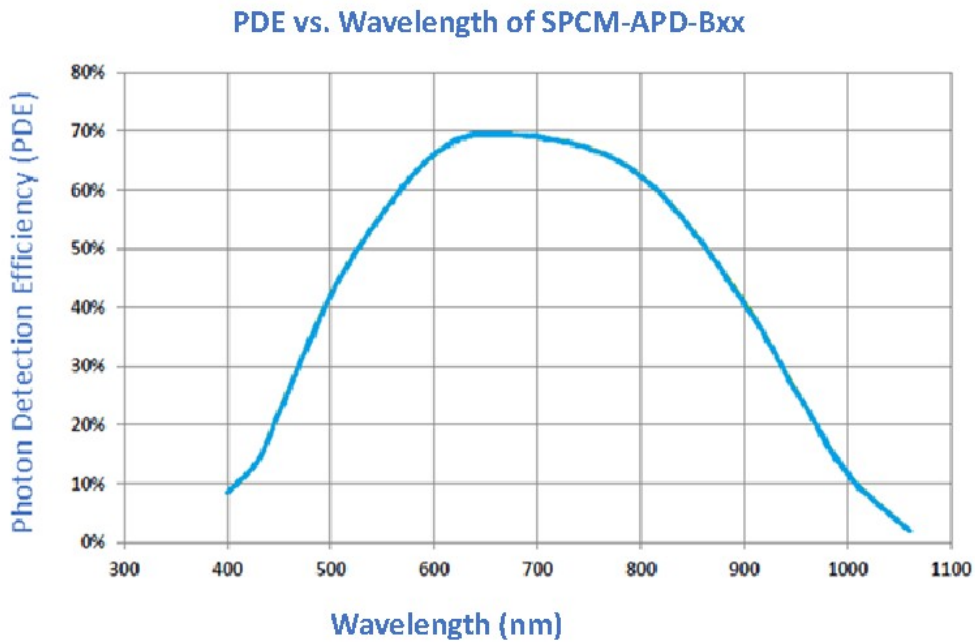


图 5 探测器表面光斑直径与相对 PDE 强度 (相对于最大值) 关系

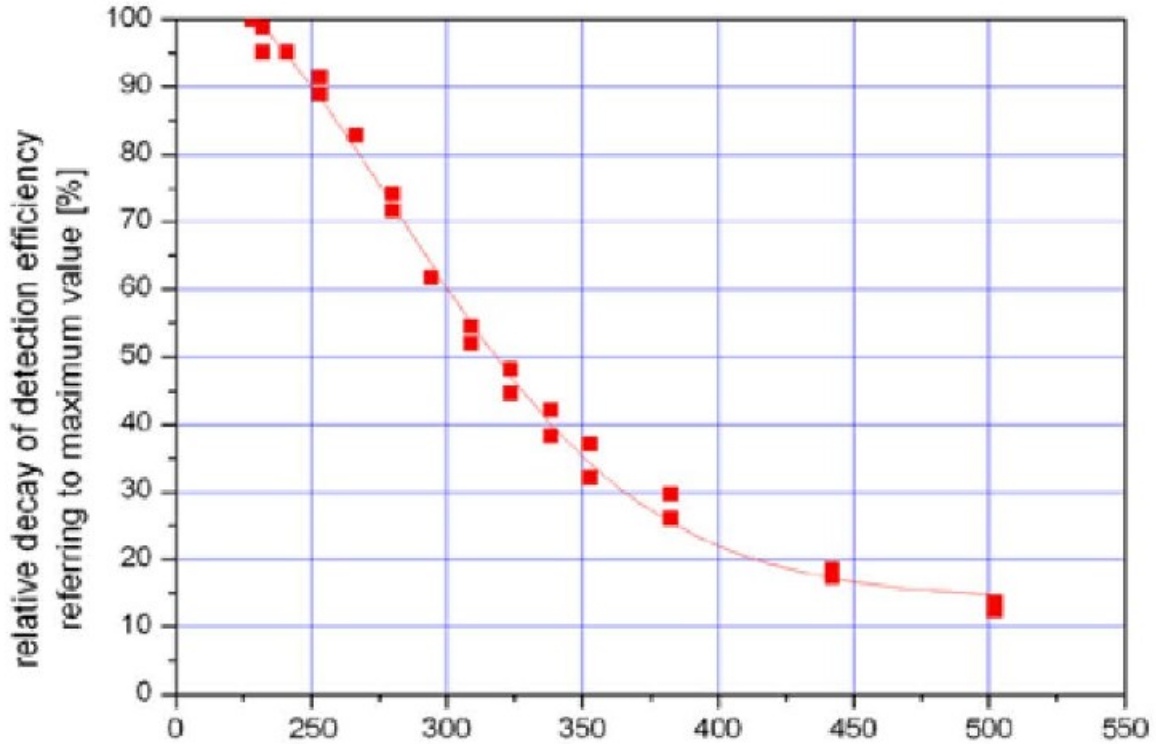


图 6 光功率与光子数关系

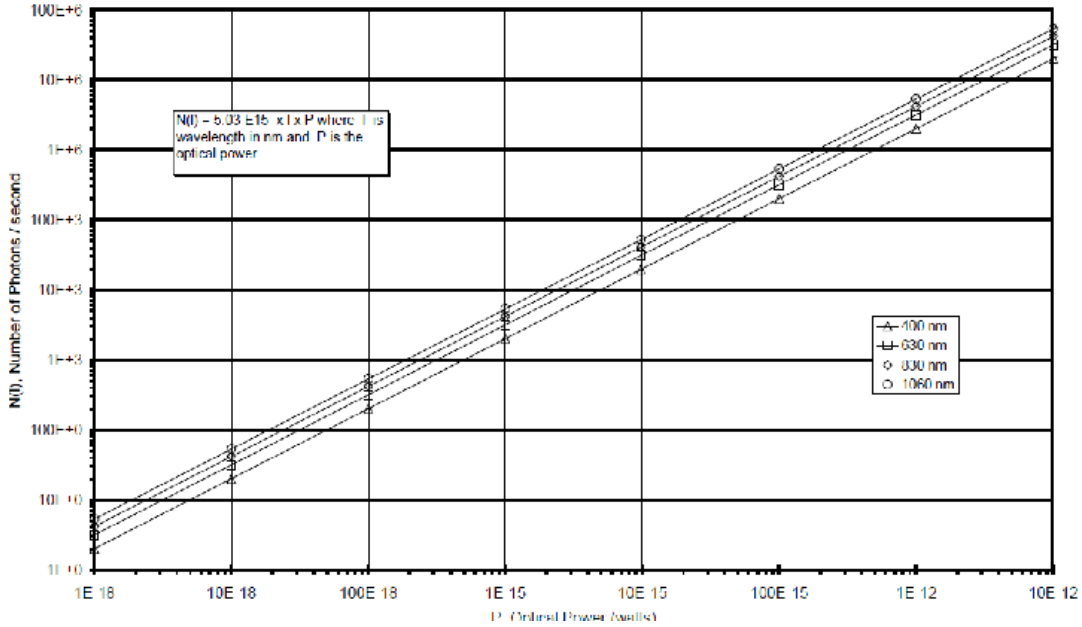


图 7 外形尺寸图 (单位: mm)

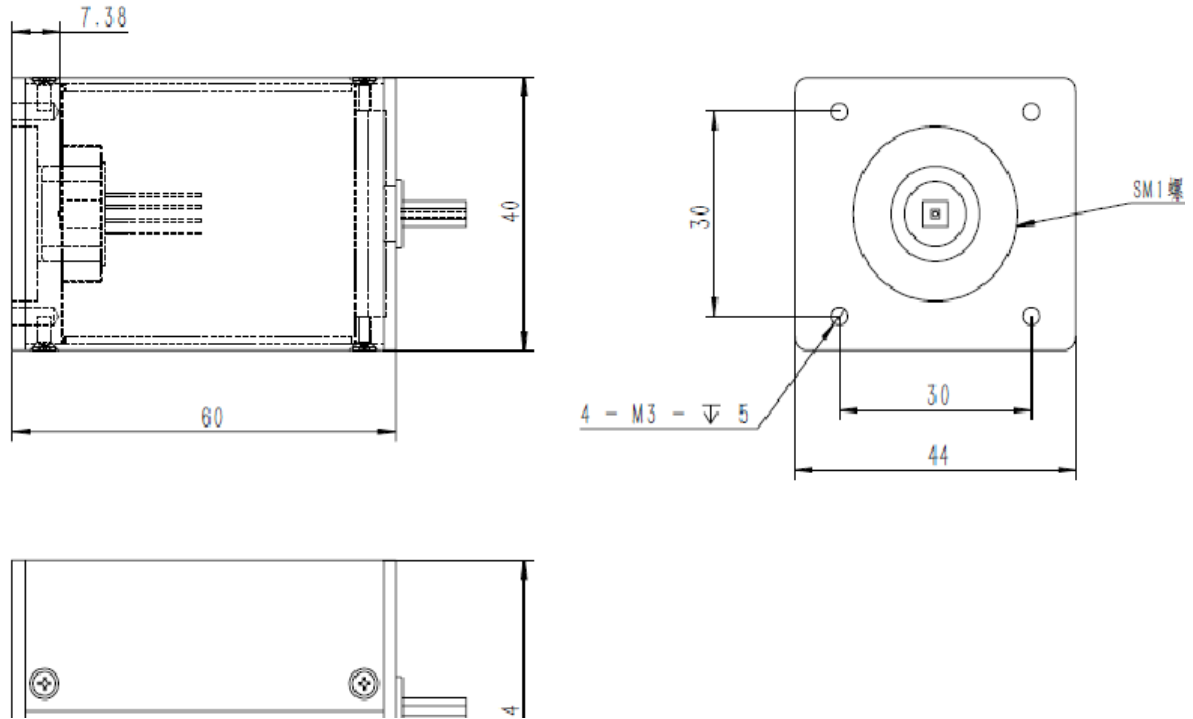
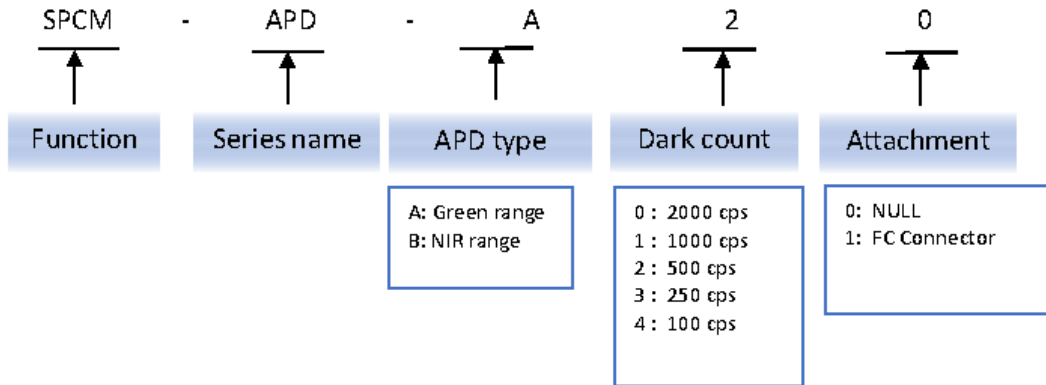


图 8 SPCM-APD 订购指南



订购型号示例: SPCM-APD-A20。其中 A 表示绿光范围, B 表示近红外范围; 暗计数代码 0/1/2/3/4 分别对应 2000/1000/500/250/100 cps; 附件代码 0 表示无附件, 1 表示 FC 连接器。

## 门控功能

每个模块均提供门控功能，适合观察只在较小时间窗口内出现的信号。在某些应用中，背景光通量高于信号光，此时可通过门控选项仅在光信号存在时打开窗口，从而提高信噪比。当模块门控输入施加 TTL 低电平时，模块输出和主动淬灭功能被禁用；当施加 TTL 高电平时，模块输出和主动淬灭电路重新启用。在模块门控输入变化前小于  $2\ \mu\text{s}$  内发生的任何光子探测，均可能产生输出脉冲。若门控输入悬空，模块默认处于启用状态。

## 饱和

在入射光强较高时，光子计数率会下降。输出计数率开始下降的计数点称为饱和点。极端情况下，如果模块暴露在强光下，计数率可能降至零。虽然模块具备光过载保护，但仍应避免任何可能损坏 SPCM 模块的过高光强。过曝后，模块暗计数可能在最长一小时内暂时升高。为加快恢复，建议在重新启动前关闭模块电源，并使其在暗环境中放置一至两分钟。

## 安全警告



SPCM-APD 内含高压电源。打开外壳可能导致人员受伤。所有内部设置均已预先设定，用户无需也不应自行调节。

外观疑似故障或受到机械损伤的模块不应继续使用，因为可能存在高压电源短路风险。打开外壳可能损坏敏感元件，并让用户面临触电风险。请联系厂家进行维修。

## 保修

产品自发货后享有标准 12 个月保修。若模块外壳被打开，则任何保修均失效。若模块输入超过 13 V，或 +12 V 电源极性接反，则保修失效。

## ESD 警告

模块只能在具备静电防护 (ESD-safe) 的工作台上操作。

## 订购信息

产品可直接从 HELIDA 或其授权代表处订购。完整代表处列表请访问公司网站。也可根据需求提供定制化产品设计。