



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 42747—2023

## 超导条带光子探测器 暗计数率

Superconducting strip photon detector—Dark count rate

(IEC 61788-22-3:2022, Superconductivity—Part 22-3: Superconducting strip  
photon detector—Dark count rate, MOD)

2023-05-23 发布

2023-12-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

# 目 次

前言 .....	I
引言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 符号 .....	3
5 原理 .....	3
6 设备 .....	4
6.1 器件封装 .....	4
6.2 低温系统 .....	4
6.3 测试系统 .....	5
7 测试步骤 .....	5
7.1 温度测量 .....	5
7.2 转变电流测量 .....	6
7.3 暗计数率测量 .....	6
8 标准不确定度 .....	7
8.1 A类不确定度 .....	7
8.2 B类不确定度 .....	7
8.3 不确定度概算表 .....	8
8.4 不确定度要求 .....	8
9 测试报告 .....	9
9.1 被测样品的标识 .....	9
9.2 测试条件和结果 .....	9
9.3 各种可选报告 .....	9
附录 A (资料性) 本文件与 IEC 61788-22-3:2022 结构编号对照情况 .....	10
附录 B (资料性) 循环比对实验结果 .....	11
B.1 待测样品封装 .....	11
B.2 测试条件 .....	11
B.3 测试结果 .....	11
参考文献 .....	15

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件修改采用 IEC 61788-22-3:2022《超导电性 第 22-3 部分：超导条带光子探测器 暗计数率》。

本文件与 IEC 61788-22-3:2022 相比，在结构上有较多调整。两个文件之间的结构编号变化对照一览表见附录 A。

本文件与 IEC 61788-22-3:2022 的技术差异及其原因如下：

——增加了对 GB/T 2900.100—2017 的规范性引用，以适应我国的技术条件（见第 3 章）。

本文件做了下列编辑性改动：

——增加了附录 A（资料性）“本文件与 IEC 61788-22-3:2022 结构编号对照情况”。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国科学院提出。

本文件由全国超导标准化技术委员会（SAC/TC 265）归口。

本文件起草单位：中国科学院上海微系统与信息技术研究所、赋同量子科技（浙江）有限公司、中国科学院物理研究所、南京大学、天津大学。

本文件主要起草人：杨晓燕、尤立星、黄佳、张成俊、郑东宁、张蜡宝、胡小龙。

## 引 言

利用超导电性能进行很多物理量的超高灵敏度的传感或测量。GB/T 39722—2020 中列出了多种超导传感器和探测器。其中,超导条带光子探测器(Superconducting strip photon detector, SSPD)就是其中一种。

条带探测器的一种典型基本结构是超导曲折线结构,例如,在厚度小于 10 nm 的超导薄膜上制作出线宽几十纳米或几百纳米,长度约几毫米的条带。其结构为纳米尺度。在 GB/T 30544.1—2014 中定义了纳米尺度的长度范围是 1 nm~100 nm。因为有一维长度为纳米尺度的物体即是纳米物体,所以超导曲折线归类为纳米物体。

通常用“纳米线”来表示超导曲折线,但本文件不推荐使用。在 ISO 词汇中,纳米线被定义为电导或半导的纳米纤维,在外部维度上有两维是纳米尺度且第三维尺度大很多。而前两维的尺度差异通常要小于 3 倍。如果前两维差异过大,那就使用“纳米片”“纳米缎”或“纳米带”来表述曲折线结构。然而,在电子学领域这些术语不太常用。除此之外,ISO 对纳米物体的定义中,超导曲折线的结构也许不符合常用的线的结构,因为线需要有圆形的横界面。虽然在有些例子中纳米线的形状符合 ISO 定义,如线的厚度 5 nm、宽度 15 nm,但是从单光子探测原理的理论方面来看,“条带”比“纳米线”更合理:宽度远大于超导相干长度且具有两维特性。所以,GB/T 39722—2020 将超导曲折线结构中一直用的名称“纳米线”替换成了“条带”。根据标准的定义,将条带类型的探测器统一成超导条带光子探测器[superconductor strip photon detector (SSPD)],或者超导纳米条带光子探测器(SNSPD)。本文件中将使用 SSPD 的简称。

SSPD 通常在远低于其转变温度时工作,并偏置在接近临界电流区域。光子探测的机理是超导库珀对被拆散导致热点或涡旋运动的形成,从而产生电热有阻区。明确统一的探测模型目前并没有完全建立,目前主流的模式是热点模型。由于光通信波段的光子能量(1 eV)比库珀对的结合能(几个 meV)约高 2 个~3 个数量级,当一个光子被条带吸收时,将拆散数百个库珀对并产生大量准粒子,同时在条带上产生有阻的局域热点区。通过电热反馈流程,正常区将扩散到横穿条带的整个线宽并沿电流方向扩散一小部分,这就导致在超导条带上产生电阻区。除此之外,还有一些其他可能的探测模型,如涡旋-反涡旋对解离或单涡旋横穿等。涡旋运动或许会导致同样的电热反馈产生有阻区。最后,由于在条带上产生的有阻区,偏置电流将转移到读出电路中,这使得正常区将会迅速冷却并最终消失。以上的过程将产生一个电压脉冲来对应一个单光子吸收的事件。

SSPD 探测器的主要应用领域为量子信息、激光通信、光探测与测距、荧光光谱和量子计算等。SSPD 探测器的各方面性能(如下一段所述)已经远超半导体单光子探测器如光电倍增管和雪崩光电二极管等。由于对中红外的超敏感光子探测的需求激增,SSPD 的市场规模快速增加。SSPD 的标准化不仅有利于行业应用,也有利于科学研究的发展。

作为一种光子探测器,通常采用一些关键参数来表征其性能,如探测效率、时间抖动、死时间和暗计数率等。其中暗计数率影响到其他参数的测量,所以一般优先测量暗计数率。

# 超导条带光子探测器 暗计数率

## 1 范围

本文件描述了超导条带光子探测器(SSPD)的性能参数之一暗计数率( $DCR$  或  $R_D$ )的测量,以及随偏置电流( $I_b$ )和工作温度( $T$ )变化关系的暗计数率的测试方法。界定了暗计数率相关的术语、定义、符号。

本文件适用于各种材料和结构的超导条带光子探测器的暗计数测量。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2900.100—2017 国际电工词汇 超导电性(IEC 2900.100:2015, IDT)

## 3 术语和定义

GB/T 2900.100—2017 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 暗计数 **dark count**

在探测器没有光子输入时产生的脉冲计数个数。

注:图 1 所示为暗计数的一个典型脉冲。插图所示为一段时间内的暗计数脉冲序列。