



中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

GB/Z 37664.3—2025

纳米制造 关键控制特性 发光纳米材料 第3部分：时间相关单光子计数法测量 半导体量子点的荧光寿命

Nanomanufacturing—Key Control Characteristics—Luminescent nanomaterials—
Part 3:Determination of fluorescence lifetime of semiconductor quantum dots
using time correlated single photon counting (TCSPC)

[IEC TS 62607-3-3:2020, Nanomanufacturing—key control characteristics—
Part 3-3:Luminescent nanomaterials—Determination of fluorescence lifetime of
semiconductor quantum dots using time correlated single photon
counting (TCSPC), MOD]

2025-12-03 发布

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 1

5 测量原理 2

6 样品制备 2

7 测量 3

8 不确定度来源 4

9 测量报告 5

附录 A（资料性） 半导体量子点荧光寿命测量示例 6

附录 B（资料性） TCSPC 的典型激发光源和常见半导体量子点的荧光寿命范围 9

附录 C（资料性） TCSPC 测量数据拟合方法 11

参考文献 12

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。

本文件为 GB/T(Z) 37664《纳米制造 关键控制特性 发光纳米材料》的第 3 部分。GB/T 37664 已经发布以下部分：

- 第 1 部分：量子效率(GB/T 37664.1—2019)；
- 第 2 部分：分散液中量子点质量测量(GB/Z 37664.2—2025)；
- 第 3 部分：时间相关单光子计数法测量半导体量子点的荧光寿命(GB/Z 37664.3—2025)。

本文件修改采用 IEC TS 62607-3-3:2020《纳米制造 关键控制特性 第 3-3 部分：发光纳米材料使用时间相关单光子计数技术测定半导体量子点的荧光寿命》，文件类型由 IEC 的技术规范调整为我国的国家标准化指导性技术文件。

本文件与 IEC TS 62607-3-3:2020 相比做了下述结构调整：

- 将国际标准第 3 章“术语、定义和缩略语”拆分为第 3 章“术语和定义”和第 4 章“缩略语”，依次顺序调整章条编号；
- 将第 8 章“测量报告”与第 9 章“不确定来源”进行顺序调换，以增强技术内容的逻辑性。

本文件与 IEC TS 62607-3-3:2020 的技术差异及其原因如下：

- 用规范性引用的 GB/T 6682 替换了 ISO 3696、GB/T 12805 替换了 ISO 385、GB/T 12806 替换了 ISO 1042、GB/T 12808 替换了 ISO 648，以适应我国的技术条件，增加可操作性；
- 增加了 CFD、TAC、ADC、MEM 和 PBS 的缩略语，对应正文内容补充并按字母顺序重新排序；
- 在第 9 章测量报告中增加了“本文件编号”，为国家标准技术要求。

本文件做了下列编辑性改动：

- 为与我国标准系列相协调，将标准名称改为《纳米制造 关键控制特性 发光纳米材料 第 3 部分：时间相关单光子计数法测量半导体量子点的荧光寿命》；
- 更改了 7.2.2 图 3 横坐标的单位“ns”，原文“Channels”是错误的；
- 增加了 7.2.2 中光源功率对应的功率密度范围估值(用注的形式)；
- 修改了附录 B 的标题，增加了对应表 B.2 技术内容的表述，以更贴合技术内容；
- 增加了资料性附录 C，给出了测量数据的拟合处理方法。

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。

本文件由全国纳米技术标准化技术委员会(SAC/TC 279)归口。

本文件起草单位：深圳瑞华泰薄膜科技股份有限公司、中国计量大学、国家纳米科学中心、广纳珈源(广州)科技有限公司、杭州美联医学股份有限公司、复旦大学义乌研究院、北京北达聚邦科技有限公司、南开大学、纳晶科技股份有限公司、天美仪拓实验室设备(上海)有限公司。

本文件主要起草人：刘祖刚、蔡培庆、刘忍肖、康永印、赵飞、葛广路、庞代文、朱小波、郭海清、吕碧琪、张振星。

引 言

荧光寿命是发光材料的重要特性之一,它是发光材料通过发射光子回到基态之前,处于激发态的平均时间。随着材料种类的不同,发光纳米材料的荧光寿命可从皮秒到数百纳秒,甚至达到微秒或毫秒量级。荧光寿命与被测样品的吸收、厚度、测量方法、荧光强度等因素无关,但会受温度、溶剂极性和荧光猝灭剂等外部因素的影响,也对某些受荧光体结构影响的内部因素敏感。

通过荧光寿命测量,可获取以下信息:

- a) 确定被测样品分子所处的环境,如黏度、pH、温度、极性和溶剂化特性等;
- b) 揭示被测样品分子的微观信息,包括大小、形状、分子各部分间的距离;
- c) 通过分析时间分辨光谱的重叠荧光发射峰,可了解混合样品中各组分的贡献;
- d) 揭示分子间的相互作用;
- e) 获取动力学速率。

时间相关单光子计数(TCSPC)是一种测量材料被脉冲光激发与发射光子到达探测器之间时间间隔的技术,适用于对瞬态分辨率有很高要求的测量,比如荧光寿命光谱和成像、光子迁移和飞行时间测量等,具有应用广泛、灵敏度高、重现性好、测量精度高等优点。

TCSPC广泛应用于测量发光材料的荧光寿命,其范围通常在皮秒到纳秒之间。本文件旨在规范使用 TCSPC 测量量子点荧光寿命的方法,是 GB/T(Z) 37664《纳米制造 关键控制特性 发光纳米材料》系列标准中的一项测量方法标准。

GB/T(Z) 37664《纳米制造 关键控制特性 发光纳米材料》是针对发光纳米材料的不同关键控制特性而制定的系列测量方法标准,拟由 5 个部分构成。

- 第 1 部分:量子效率。目的在于实现量子效率的准确测量。
- 第 2 部分:分散液中量子点质量测量。目的在于实现分散液中量子点质量的准确测量。
- 第 3 部分:时间相关单光子计数法测量半导体量子点的荧光寿命。目的在于实现半导体量子点的荧光寿命的准确测量。
- 第 4 部分:量子点发光二极管发光亮度的测量。目的在于实现量子点发光二极管发光亮度的准确测量。
- 第 5 部分:量子点光转换膜光转换效率的测量。目的在于实现量子点光转换膜光转换效率的准确测量。

纳米制造 关键控制特性 发光纳米材料

第3部分：时间相关单光子计数法测量 半导体量子点的荧光寿命

1 范围

本文件描述了使用时间相关单光子计数法(TCSPC)对半导体量子点(QDs)荧光寿命进行测量的方法,包括实验步骤、数据处理和测量示例。TCSPC适用于测量从皮秒到纳秒范围的荧光寿命。

本文件适用于 QDs 的稳定分散液,不适用于固体样品。

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 6682 分析实验室用水规格和试验方法(GB/T 6682—2008,ISO 3696:1987,MOD)

GB/T 12805 实验室玻璃仪器 滴定管(GB/T 12805—2011,ISO 385:2005,NEQ)

GB/T 12806 实验室玻璃仪器 单标线容量瓶(GB/T 12806—2011,ISO 1042:1998,NEQ)

GB/T 12808 实验室玻璃仪器 单标线吸量管

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

时间相关单光子计数 time correlated single photon counting; TCSPC

通过探测单个光子的周期性光信号并记录探测时间,建立光子数相对于探测时间变化的统计分布关系的技术。

3.2

荧光寿命 fluorescence lifetime

描述荧光辐射强度衰减随时间变化的参数。

注:对于单指数衰减,其荧光寿命被认为是荧光辐射跃迁强度随时间轴减至初始最大值的 $1/e$ 所需的时间。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ADC:模数转换器(Analog-to-Digital Converter)

CFD:恒比鉴别器(Constant Fraction Discriminator)

EHT:超高压(Extra-High Tension)

FHG:四次谐波(Fourth Harmonic Generation)