

ICS 27.120.01

Q 65



# 团体标准

T/CSTM 00035-2020

---

## 铈掺杂硅酸钇闪烁晶体

Cerium-doped yttrium oxyorthosilicate scintillation crystal

2020-08-03 发布

2020-11-03 实施

---

中关村材料试验技术联盟

发布

## 前 言

本标准参照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容有可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国材料与试验团体标准委员会建筑材料领域委员会（FC03）提出。

本标准由中国材料与试验团体标准委员会建筑材料领域委员会人工晶体技术委员会（FC03/TC16）归口。

全国团体标准信息平台

# 铈掺杂硅酸钇闪烁晶体

## 1 范围

本标准规定了铈掺杂硅酸钇闪烁晶体的术语和定义、技术要求、检验方法、检验规则、包装、标志、运输和贮存等。

本标准主要适用于在高能物理量能器、核医学成像、安全稽查、工业无损探测领域作为探测材料使用的铈掺杂硅酸钇闪烁晶体产品，其它核辐射探测领域使用的铈掺杂硅酸钇闪烁晶体产品也可参照使用。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 191 包装储运图示标志

GB/T 4960.6-2008 核科学技术术语：核仪器仪表

GB/T 7896-2008 人造光学石英晶体试验方法

GB/T 13181-2002 闪烁体性能测量方法

GB/T 13376-2008 塑料闪烁体

GB/T 32642-2016 平板显示器基板玻璃表面粗糙度的测量方法

JB/T 9495.3-1999 光学晶体透过率测量方法

JC/T 2018-2010 高能粒子探测用掺铈碘化铯晶体

T/CSTM 00033-2020 核辐射探测用无机光学单晶术语

## 3 术语和定义

GB/T 4960.6-2008、GB/T 13181-2002、GB/T 13376-2008、JB/T 9495.3-1999、JC/T 2018-2010和T/CSTM 00033-2020界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**闪烁体** scintillator

将高能射线/粒子能量转换为紫外或可见荧光脉冲的媒介。组成具有长程有序周期性排列的特征的闪烁体。

### 3.2

**铈掺杂硅酸钇闪烁晶体** cerium-doped yttrium oxyorthosilicate scintillation crystal

铈掺杂硅酸钇闪烁晶体由钇、硅、氧为主体元素、铈为掺杂元素组成的具有单斜相结构的一类单晶材料，属 $C_{2v}$ 空间群，化学式为 $Y_2SiO_5:Ce$ ，简称YSO:Ce晶体。

3.3

**包裹体 inclusions**

晶体中出现的组分或者结构异于基质的生长缺陷（生长条纹除外），通常可以分为固态包裹体和气态包裹体。

[JC/T 2018-2010 定义3.5]

3.4

**透过率 transmission**

当平行光通过均匀介质传播时，透射光辐射强度与入射光辐射强度的百分比值，按公式（1）进行计算：

$$T = \frac{I}{I_0} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$T$ ——透过率；

$I$ ——透射光辐射强度，单位为坎（cd）；

$I_0$ ——入射光辐射强度，单位为坎（cd）；

[JB/T 9495.3-1999，原理3]

3.5

**光产额 light yield**

核辐射探测用无机光学单晶吸收单位入射辐射能量所产生的光子数，用 $LY$ 来表示：

$$LY = \frac{N}{\Delta E} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$LY$  ——光产额，核辐射激发源为 $\gamma$ 射线时，单位为光子每兆电子伏（ph./MeV）；

$\Delta E$  ——核辐射在闪烁体中所损失的能量，单位为兆电子伏（MeV）；

$N$  ——闪烁体在吸收核辐射能量后所产生的光子数，单位为光子（photons）。

[T/CSTM 00033-2020，定义3.31]

3.6

**光输出 light output**

核辐射探测用无机光学单晶吸收单位入射辐射能量后，所产生的光子中能够被探测器有效接收的数量，属于测量值，单位为光电子每兆电子伏（p.e./MeV）。

[T/CSTM 00033-2020，定义3.32]

3.7

**相对光输出 relative light output**

闪烁体光输出相对参考样品光输出的比值。

[GB/T 13181-2002，定义3.10]

3.8

闪烁体参考样品 reference samples of scintillators

用来校正测试系统或标定其他闪烁体性能的闪烁体。

[GB/T 13376-2008, 定义3.4]

### 3.9

能量分辨率 energy resolution

表征探测系统能够区分不同能量辐射的能力，数值上可以表达为：

$$R = \frac{\Delta E}{E} = \frac{\Delta P}{P} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$R$  ——闪烁体能量分辨率；

$\Delta E$ ——全能峰分布谱的半高全宽，单位为兆电子伏（MeV）；

$\Delta P$ ——全能峰分布谱的半高全宽，单位为道（channel）；

$E$  ——全能峰分布谱峰值位置对应的能量，单位为兆电子伏（MeV）；

$P$  ——全能峰分布谱峰值位置对应的道数，单位为道（channel）；

[T/CSTM 00033-2020, 定义3.40]

### 3.10

闪烁衰减时间 scintillation decay time

闪烁体受单次核辐射激发停止后，闪烁光强度从最大值下降到1/e所需的时间。

[GB/T 4960.6-2008, 定义2.3.18]

## 4 技术要求

### 4.1 外观

应满足表1规定。

表1 产品外观

项目	0<L≤100 mm	100 mm<L≤200 mm
包裹体	单个包裹体的三维最大尺寸小于 3 mm，且每 cm <sup>3</sup> 内肉眼可见包裹体数不超过 3 个	
划痕	无	总数应不超过 2 条，且长度应小于 10 mm、深度小于 1 mm
崩边	无	总数应不超过 2 个，且长度应小于 5 mm，深度小于 1 mm
倒角	≤0.5 mm×45°	≤0.5 mm×45°
注：L为铈掺杂硅酸钇晶体产品的长度。		

### 4.2 尺寸公差

不大于±0.1 mm。

### 4.3 粗糙度

不大于0.2  $\mu\text{m}$ 。

#### 4.4 透过率

应满足表2中的规定。

表2 透过率

项目	0 mm < L ≤ 100 mm	150 mm < L ≤ 200 mm
透过率 (420 nm)	≥77%	≥73%
注：L为铈掺杂硅酸钇晶体产品的长度，透过率测试时通光方向为晶体长度方向。		

#### 4.5 光产额

不小于27000光子每兆电子伏（photons/MeV）。

#### 4.6 能量分辨率

不大于12%。

#### 4.7 闪烁衰减时间

不大于85 ns。

### 5 检验方法

#### 5.1 外观

包裹体检测按照 GB/T 7896-2008 中 6.2 实验方法进行。

采用目测法检测划痕和崩边。

采用倒角测量仪检测倒角。

#### 5.2 尺寸公差

尺寸公差按照 JC/T 2018-2010 中 5.3 实验方法进行。

#### 5.3 粗糙度

粗糙度的测试按GB/T 32642-2016的方法进行，粗糙度仪精度不低于0.02  $\mu\text{m}$ 。

#### 5.4 透过率

##### 5.4.1 检测环境条件

环境温度为10  $^{\circ}\text{C}$  ~ 30  $^{\circ}\text{C}$ 。

##### 5.4.2 检测仪器

紫外-可见双光束全自动分光光度计，检测波长范围为350 nm ~ 600 nm。

##### 5.4.3 产品准备

用无水乙醇、脱脂棉或无尘纸将产品端面擦拭干净。

#### 5.4.4 检测

调节光窗大小与产品放置位置，使光路垂直晶体表面全部沿长轴方向通过并进入光窗，记录420 nm波长处的透过率值。

#### 5.5 光产额与相对光输出

参考样品按照附录 A 的规定进行制备，光产额与相对光输出按照附录 B 的规定进行检测。

#### 5.6 能量分辨率

按照附录B.6.2的规定进行计算。

#### 5.7 闪烁衰减时间

使用<sup>137</sup>Cs作为激发源，按GB/T 13181-2002中10.2的规定测试，记录闪烁体发光的时间脉冲谱，拟合确定衰减时间。

### 6 检验规则

#### 6.1 检验分类和检验项目

分出厂检验和型式检验，检验项目见表3。

表3 检验项目

检验顺序	检验项目	要求条款号	试验方法条款号	型式检验	出厂检验
1	外观	4.1	5.1	√	√
2	尺寸公差	4.2	5.2	√	√
3	粗糙度	4.3	5.3	√	—
4	透过率	4.4	5.4	√	√
5	光产额与相对光输出	4.5	5.5	√	√
6	能量分辨率	4.6	5.6	√	√
7	闪烁衰减时间	4.7	5.7	√	—

注1：表中“√”表示必检项目；“—”表示不检项目。

#### 6.2 型式检验

##### 6.2.1 检验时机

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品定型鉴定；
- b) 正式投产后，原材料、工艺有较大改变时；
- c) 工艺技术无改变情况下，每二十四个月至少进行一次型式检验；
- d) 停产六个月以上，恢复生产时。

##### 6.2.2 抽样

从每批产品中用随机抽样方法抽取 5 件产品。

##### 6.2.3 判定规则

若一批产品的各项宏观质量、加工指标与性能检验结果全部符合型式检验要求时，则判定型式检验合格；当一批产品的检验结果有不符型式检验要求时，应从同一批产品中抽取双倍数量的试样进行复验，复验合格时，仍判定型式检验合格；复验结果仍不符合规定时，则判定型式检验不合格。

### 6.3 出厂检验

#### 6.3.1 组批

每批产品应由同一批原料、相同工艺条件下连续生产、同时提交验收的一组产品组成。（每50根晶体产品为一批，不足50根晶体产品仍可作为一批）

#### 6.3.2 抽样

从每批产品中用随机抽样方法抽取5%（不足100件时抽取5件）。

#### 6.3.3 判定规则

一批产品的各项宏观质量、加工指标与性能检验结果全部符合出厂检验要求时，则判定该批产品合格；当一批产品的检验结果有不符出厂检验要求项时，应从同一批产品中抽取双倍数量的试样进行复验，复验合格时，仍判定该批产品合格；复验结果仍不符合规定时，则判定这批产品不合格。

## 7 标志、包装、运输和贮存

### 7.1 标志

包装箱外侧应有“小心轻放”、“易碎”等标识(符合 GB/T 191 中的相关规定)，并标明产品名称、型号规格、数量、生产企业名称。

### 7.2 包装

产品检验合格后，用无水乙醇将表面擦净，用电容纸或珍珠纸包覆产品装入包装箱内，箱内缝隙需装满轻质、柔软、防震材料（如聚苯乙烯泡沫）作填充物，防止产品松动。

每批产品应有产品质量检测报告，写明：供需双方名称、产品名称及规格、产品批号、产品数量、出厂检验结果、本标准编号、出厂日期。

### 7.3 运输

产品在运输过程中应轻装轻卸，勿挤勿压，并采取防震措施。

### 7.4 贮存

产品应贮存在清洁、干燥的环境中。

附 录 A  
(规范性附录)  
硅酸钇闪烁晶体参考样品

### A.1 参考样品的选择

从批量硅酸钇闪烁晶体中，挑选出外观质量合格的晶体，按照表A.1的规定外观要求加工制备参考样品，并避光存放。

### A.2 参考样品性能指标

应满足表A.1中的性能指标。

表A.1 硅酸钇闪烁晶体参考样品外观与性能

项目		性能指标
外观	内部质量	无晶界和散射颗粒
	表面质量	无色、无肉眼可见划痕、崩口、裂纹
	样品尺寸	27 mm×15 mm×2.4 mm，尺寸公差为±0.2 mm
	表面加工	27 mm×2.4 mm的两个侧面抛光，其余4个表面细磨砂
闪烁性能	发光峰位	420 nm±10 nm
	光输出	不低于27000 ph./MeV

### A.3 参考样品的测试

参考样品应按照附录B的规定进行测试。

附 录 B  
(规范性附录)  
光产额的检测

### B.1 检测原理

按照GB/T 13181-2002中的规定。

### B.2 检测装置与参数

#### B.2.1 检测装置

按照GB/T 13181-2002中的规定，具体要求见表B.1。

表B.1 主要的测试装置

序号	装置名称	装置要求
1	光电倍增管	直径 $\geq 2$ 英寸；敏感区间与铈掺杂硅酸钪晶体发光峰值波长相匹配
2	多道能谱仪	
3	放射源	$^{137}\text{Cs}$ （能量为 662 keV）

#### B.2.2 主要参数

应符合表B.2的规定。

表B.2 主要的参数设置

序号	设置名称	参数要求
1	高压	-1000 V
2	增益	0.5
3	成形时间	0.75 $\mu\text{sec}$

### B.3 检测条件

测试室应具有适当的避光条件，使用白炽灯照明，室内温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

### B.4 样品准备

参考样品的选择按照附录A中规定。

测试样品尺寸为 $27\text{ mm} \times 15\text{ mm} \times 2.4\text{ mm}$ ， $27\text{ mm} \times 2.4\text{ mm}$ 的两个侧面抛光，其余4个表面细磨砂。用无水酒精、无尘纸或脱脂棉把产品端面擦拭干净。

采用单层双面镀银反射膜（ESR）包裹除出光面以外的所有晶体表面，样品出光面与光电倍增管之间采用空气耦合，耦合面为27 mm×15 mm尺寸面。

样品在暗室中静置12 h后，再进行测试。

## B.5 检测步骤

主要步骤如下：

- a) 测量应在样品和光电倍增管完全避光的金属暗箱中进行；整个暗箱的内壁必须全部涂黑，以防止内部光反射；
- b) 用分析纯乙醇和无尘纸将加工好的样品表面擦拭干净；
- c) 样品的待耦合面与光电倍增管光窗之间为空气耦合；
- d)  $^{137}\text{Cs}$  放射源用单孔铅准直器准直，孔的直径为 10 mm；
- e)  $^{137}\text{Cs}$  放射源放置在铅准直器内，根据计数率来调整放射源与样品的距离，使得计数率在 100 cps~500 cps；
- f) 先测量参考样品的多道能谱，确定参考样品的全能峰峰值对应的道数  $P_0$ ，并与标准值进行一致性比较，确定此次测量的可靠性；

## B.6 分别测量每个样品的脉冲幅度谱，确定全能峰峰值对应的道数P

### B.6.1 光产额与相对光输出

按照本标准3.5中计算光产额的方法及所使用的光电倍增管相应参数，分别计算出每个样品的光产额，并按本标准3.7计算相对光输出值。

### B.6.2 能量分辨率

用本标准附录B.5 g) 中测得的脉冲幅度谱，得出全能峰的半高宽  $\Delta P$ ，按照本标准3.9中计算能量分辨率的方法，分别计算出每个样品的能量分辨率。

附录 C  
(资料性附录)

本标准起草单位：中国科学院上海硅酸盐研究所、西北核技术研究所、中国计量大学、上海硅酸盐研究所中试基地、南开大学、华中科技大学、东软医疗系统股份有限公司、明峰医疗系统股份有限公司、同济大学、南京光宝光电科技有限公司、南京航空航天大学、上海骋翰光学精密机械有限公司、中国电子科技集团第 26 研究所、中国科学院长春应用化学研究所、国家硅材料深加工产品质量监督检验中心。

本标准主要起草人：丁栋舟、段宝军、施俊杰、陈露、万博、赵书文、魏钦华、秦来顺、史宏声、袁兰英、侯伟、杨帆、谢庆国、肖鹏、梁国栋、江浩川、秦海明、刘波、袁晖、曹顿华、赫崇君、吴永庆、李铮、王东、余建军、丁雨瞳、王佳、薛冬峰、孙丛婷、李建德。

---