库七七 www.kqqw.com 提供下载

ICS 07.030
Q 65

中华人民共和国国家标准

GB/T 39123—2020

X射线和γ射线探测器用碲锌镉单晶材料规范

Specification for cadmium-zinc telluride single crystal material for X-ray and γ-ray detector

2020-10-11 发布　　2021-09-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布

库七七 www.kqqw.com 提供下载

目　　次

前言 …… Ⅲ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　要求 …… 2
5　测试方法 …… 2
6　检验规则 …… 6
7　包装、标识、运输和贮存 …… 8
8　说明事项 …… 8

库七七 www.kqqw.com 提供下载

前　　言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由中国建筑材料联合会提出。

本标准由全国人工晶体标准化技术委员会(SAC/TC 461)归口。

本标准起草单位:西北工业大学、陕西迪泰克新材料有限公司、上海大学。

本标准主要起草人:介万奇、谷智、徐亚东、查钢强、王涛、汤三奇、魏登科、闵嘉华、张继军。

库七七 www.kqqw.com 提供下载

X射线和γ射线探测器用碲锌镉单晶材料规范

1 范围

本标准规定了X射线和γ射线探测器用碲锌镉单晶材料的技术要求、质量保证规定和交货准备。

本标准适用于X射线和γ射线探测器用碲锌镉单晶材料。

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 1555 半导体单晶晶向测定方法

GB/T 6618 硅片厚度和总厚度变化测试方法

GB/T 14264 半导体材料术语

GB/T 24576 高分辨率X射线衍射测量GaAs衬底生长的AlGaAs中Al成分的试验方法

GB/T 29505 硅片平坦表面的表面粗糙度测量方法

GB/T 32188 氮化镓单晶衬底片X射线双晶摇摆曲线半高宽测试方法

3 术语和定义

GB/T 14264界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

碲锌镉单晶 cadmium zinc telluride single crystal

闪锌矿结构的固溶体合金，可以视为碲化镉(CdTe)和碲化锌(ZnTe)固溶而成；其分子式为$Cd_{1-x}Zn_xTe(0<x<1)$，属于$\bar{4}3m$点群，$F\bar{4}3m$空间群。

注：随着Zn组元的含量x的变化，其点阵常数也随之变化；主要用于室温X射线和γ射线探测器，以及碲镉汞薄膜的外延衬底。

3.2

组分x值 composition x

碲锌镉单晶中Zn组元的含量，可以视为碲化锌(ZnTe)与碲锌镉(CdZnTe)的摩尔比。

3.3

微沉淀相 micro-precipitates

受温度场分布和分凝效应影响，碲锌镉晶体生长过程中可能形成镉和碲的颗粒状微沉淀相，其直径不大于100 μm，对晶体质量存在较大的影响。

3.4

漏电流 leakage current

在没有射线辐照并施加高电压的条件下，通过碲锌镉晶体的稳定电流。

库七七 www.kqqw.com 提供下载

4 要求

4.1 外形尺寸

晶片为正方形片状，其外形尺寸应符合表1的规定，特殊要求可由供需双方协商确定。

表1 晶片外形尺寸

单位为毫米

边长	厚度	总厚度变化量
5.0±0.2	2.5±0.2	≤0.05
10.0±0.2	5.0±0.2	

4.2 表面质量

晶片表面无区域污染，无孔洞、裂纹、晶界等宏观缺陷，无针孔、划痕等微观缺陷。晶片抛光表面的表面粗糙度不大于0.12 μm，特殊要求可由供需双方协商确定。

4.3 晶面和晶向偏差

晶面为(111)，晶向偏差不大于1°，特殊要求可由供需双方协商确定。

4.4 组分 x 值

组分 x 值是0.100±0.004。

4.5 双晶衍射半峰宽

(111)晶面的双晶衍射半峰宽(FWHM)不大于60 rad·s。

4.6 微沉淀相

镉和碲微沉淀相颗粒直径不大于100 μm。颗粒直径在20 μm～50 μm内，颗粒密度不大于60个/mm^2；颗粒直径在50 μm～100 μm内，颗粒密度不大于20个/mm^2。

4.7 位错腐蚀坑密度

位错腐蚀坑密度(DEPD)不大于10^4个/mm^2。

4.8 电阻率

电阻率(ρ)不小于10^{10} Ω·cm。

4.9 漏电流

漏电流(I_{Leak})不大于100 nA。

5 测试方法

5.1 受检样品的准备

除另有规定外，受检样品应在下列条件下进行测试：

库七七 www.kqqw.com 提供下载

a) 温度:23 ℃±5 ℃;

b) 相对湿度:20%～70%。

碲锌镉晶体沿(111)晶面切割,尺寸应符合 4.1 的要求。检测前,对待测晶片用浓度为 5%的溴-乙醇溶液进行化学抛光处理 2 min～3 min,再用乙醇冲净,烘干或吹干备用。

5.2 外形尺寸

用分度值为 0.02 mm 的游标卡尺和分度值为 0.01 mm 的千分尺分别测量晶片的边长和厚度。晶片表面总厚度变化量(TTV)测量按照 GB/T 6618 规定的方法进行。

5.3 表面质量

在 40 W 日光灯下目视观察晶片表面有无区域污染,有无孔洞、裂纹、晶界等缺陷,在 10 倍光学显微镜下观察晶片表面有无划痕,在 100 倍光学显微镜下观察有无针孔。表面粗糙度检验按照 GB/T 29505 规定的方法进行。

5.4 晶面和晶向偏差

晶面和晶向偏差测量按照 GB/T 1555 规定的方法进行。选取衍射角 θ 约为 11°54′。

5.5 组分 x 值

组分 x 值测量按照 GB/T 24576 规定的方法进行。选取高角度衍射角 θ 约为 38°9′。

5.6 双晶衍射半峰宽

双晶衍射半峰宽测量按照 GB/T 32188 规定的方法进行。选取高角度衍射角 θ 约为 38°9′。

5.7 微沉淀相

5.7.1 测试原理

受温度场分布和分凝效应影响,碲锌镉晶体生长过程中可能形成碲和镉微沉淀相,对晶体本身质量存在较大的影响。利用红外透射显微镜观察沉淀相区域与完整晶体部分的不同透射状态,可以观察到碲或镉的沉淀相,并检测其尺寸和密度值。

5.7.2 测试仪器

红外透射显微镜,分辨率为 1 μm。

5.7.3 测试步骤

微沉淀相的测试步骤如下:

a) 仪器自检;

b) 把受检样品装入样品架,调准,观察,采样;

c) 观测沉淀相斑点并扫描记录尺寸(横向、纵向);

d) 按横向、纵向尺寸分别记录沉淀相区域的沉淀相密度值。

5.8 位错腐蚀坑密度

5.8.1 测试原理

采用择优化学腐蚀技术显示位错。晶体中位错线周围的晶格发生畸变,当用某些化学腐蚀剂腐蚀

库七七 www.kqqw.com 提供下载

晶体表面时，在晶体表面上的位错线露头处，腐蚀速度较快，因而容易形成具有特定形状的位错腐蚀坑。在显微镜下观察并按一定规则统计这些位错腐蚀坑，得到的位错腐蚀坑密度即可认为是位错密度。根据式(1)计算位错腐蚀坑密度，即：

$$\mathrm{DEPD}=\frac{1}{2}\left(\frac{n_1}{S_1}+\frac{n_2}{S_2}\right) \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中：

DEPD——位错腐蚀坑密度，单位为个每平方毫米($1/\mathrm{mm}^2$)；

n_1 ——被测面自然中心处位错腐蚀坑数，单位为个；

S_1 ——被测面自然中心处视场面积，单位为平方毫米(mm^2)；

n_2 ——被测面自然中心以外位错腐蚀坑密度最高处位错腐蚀坑数，单位为个；

S_2 ——被测面自然中心以外位错腐蚀坑密度最高处视场面积，单位为平方毫米(mm^2)。

5.8.2 测试仪器

金相显微镜，放大倍数为 100 倍～500 倍。

5.8.3 化学试剂

测试所需化学试剂有：

a) 硝酸：分析纯，浓度为 65%～68%；

b) 氢氟酸：分析纯，浓度为 40%；

c) 乳酸：分析纯，浓度为 85%～90%；

d) 去离子水：电阻率 $\rho \geqslant 12\times10^6\ \Omega\cdot\mathrm{cm}$；

e) 重铬酸钾：分析纯。

5.8.4 测试步骤

位错腐蚀坑密度的测试步骤如下：

a) 按照配方配置 E-溶液，配方：硝酸 10 mL，去离子水 20 mL，重铬酸钾 4 g；

b) 按照配方配置 Eversion 腐蚀剂，配方：硝酸、氢氟酸和乳酸的容积比为 4∶1∶25；

c) 受检样品在常温下放入 E-溶液中进行化学抛光，时间 1 min～2 min，取出后用去离子水冲洗干净；

d) 化学抛光后的受检样品在常温下放入 Eversion 腐蚀剂中显示位错腐蚀坑，时间 0.5 min～3 min，取出后用去离子水冲洗干净；

e) 用金相显微镜观察腐蚀后的受检样品，对于位错腐蚀坑密度不同的部分应选用不同的放大倍数，直到图像清晰为止，并拍摄照片；

f) 根据照片计算被测面自然中心处的位错腐蚀坑数 n_1 和视场面积 S_1；

g) 根据照片计算被测面自然中心以外位错腐蚀坑密度最高处的位错腐蚀坑数 n_2 和视场面积 S_2。

根据式(1)计算样品的位错蚀坑密度并记录。

5.9 电阻率

5.9.1 测试原理

在碲锌镉晶片的对称两面，制作对称的平面电极。接通电源，连续改变电压，测量不同电压值下通过晶片的电流值，绘制 I-V 关系曲线，使用最小二乘法拟合 I-V 曲线，根据式(2)计算电阻率值，即：

库七七 www.kqqw.com 提供下载

$$\rho = \frac{U}{I} \cdot \frac{S}{L} \qquad \cdots\cdots(2)$$

式中：

ρ——电阻率，单位为欧姆厘米（Ω·cm）；

U——两个电极之间的电压，单位为伏特（V）；

I——通过晶片的直流电流，单位为安培（A）；

S——电极的面积，单位为平方厘米（cm^2）；

L——两个电极之间的距离，单位为厘米（cm）。

5.9.2 测试仪器

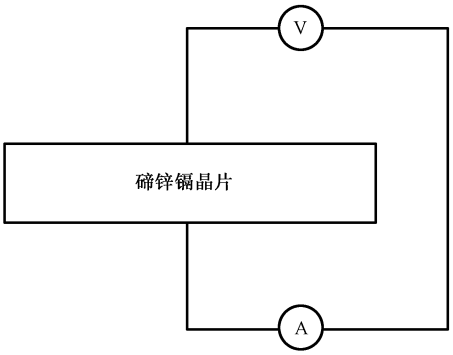
电压源和电流表，或带电压输出的静电计，测试盒。电压源和电流表的精度应分别符合表 2 和表 3 的规定。测试示意图见图 1。

表 2 电压源的精度

最小输出/V	0.01		
输出范围/V	≤1	1～100	≥100
精度	±5%	±2%	±1%

表 3 电流表的精度

最小量程/A	10^{-12}	
测量范围/A	$\leqslant 10^{-6}$	$>10^{-6}$
精度	±2%	±1%



说明：

V——电压源；

A——电流表。

图 1 电阻率和漏电流测试示意图

5.9.3 测试步骤

电阻率的测试步骤如下：

a) 采用真空蒸镀法，在碲锌镉晶片对称两面各蒸镀一层厚度在 5 nm～5 μm 内的对称平面金电极；

库七七 www.kqqw.com 提供下载

b) 用分度值为 0.02 mm 的游标卡尺测量电极的尺寸，并计算电极的面积；
c) 按照图 1 连接测试仪器，接通电源预热 10 min 以上，直至仪器处于稳定工作状态；
d) 将受检样品装入测试盒，使样品的平面电极与测试盒的测量电极充分接触；
e) 在 −0.1 V～0.1 V 改变电压，变化间隔为 0.01 V，测量不同电压值下通过样品的电流值，并绘制 *I-V* 关系曲线；
f) 使用最小二乘法拟合 *I-V* 曲线，根据公式(1)计算样品电阻率值并记录。

5.10 漏电流

5.10.1 测试仪器

与 5.9.2 的要求相同。

5.10.2 测试步骤

漏电流的测试步骤如下：
a) 按 5.9.3 的要求制作电极，连接测试仪器，将受检样品装入测试盒；
b) 在碲锌镉晶片上施加电压，施加的最大电压与晶片厚度的关系应符合表 4 的规定；
c) 在 0 V 到最大电压范围内改变电压，变化间隔为 100 V，测量不同电压值下通过样品的电流值，该电流值即为不同电压下的漏电流值。

表 4 测量漏电流的最大电压

晶片厚度/mm	<5	≥5
最大电压/V	晶片厚度×200	1 000

6 检验规则

6.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

6.2 出厂检验

6.2.1 出厂检验项目

出厂检验项目应符合表 5 规定。

表 5 出厂检验项目

序号	检验项目	要求的章条号	测试方法的章条号
1	外形尺寸	4.1	5.2
2	表面质量	4.2	5.3
3	晶面和晶向偏差	4.3	5.4
4	电阻率	4.8	5.9

库七七 www.kqqw.com 提供下载

6.2.2 抽样方案

6.2.2.1 检验批

检验批应由出自同一根碲锌镉晶棒的单晶片组批，外形尺寸相同的晶片以 20 片为一批；如果数量不足 20 片，以实际数量为一批。

6.2.2.2 受检产品数量

晶片的外形尺寸和表面质量应全数检验。晶面和晶向偏差、电阻率每批检验一个。

6.2.3 判定规则

如果样品未通过表 5 中规定项目的检验，对于外形尺寸和表面质量可进行修复，修复后应符合 4.1 和 4.2 的要求；对于晶面和晶向偏差和电阻率则加倍取样，对不合格的项目进行检验，若仍不合格，则该批检验不合格。

6.3 型式检验

6.3.1 型式检验条件

在下列情况下进行型式检验：

a) 正式生产前或者产品停产三个月后恢复生产时；
b) 正式生产后，如原料批次、工艺和设备的改变可能影响产品性能时；
c) 出厂检验结果与上次型式检验结果相比有明显差异时；
d) 出现质量事故或重大质量波动时；
e) 国家质量监督检验部门提出进行型式检验的要求时。

6.3.2 型式检验项目

型式检验项目应符合表 6 规定。

表 6 型式检验项目

序号	检验项目	要求的章条号	测试方法的章条号
1	外形尺寸	4.1	5.2
2	表面质量	4.2	5.3
3	晶面和晶向偏差	4.3	5.4
4	组分 x 值	4.4	5.5
5	双晶衍射半峰宽	4.5	5.6
6	微沉淀相	4.6	5.7
7	位错腐蚀坑密度	4.7	5.8
8	电阻率	4.8	5.9
9	漏电流	4.9	5.10

库七七 www.kqqw.com 提供下载

6.3.3 受检产品数量

从型式检验的产品中随机抽取晶片 5 片；如果产品数量不足 5 片，则全部抽取。

6.3.4 判定规则

若受检产品通过表 6 的检验项目，则检验合格；若其中一项或一项以上不合格，则检验不合格。

7 包装、标识、运输和贮存

7.1 包装

碲锌镉晶片应在百级环境中或充惰性气体环境中装入具有防擦伤、防沾污、防碎裂保护的专用包装盒，外用防潮、防静电的铝箔袋包装并抽真空。将包装好的包装盒置于外包装箱中，外包装箱内用软泡沫塑料充分填实，注意保洁、防潮、防震。

7.2 标识

7.2.1 外包装

外包装箱内应备有产品合格证和装箱单，外侧应用“小心轻轻放”“防潮”“易碎”“防腐”等标识，并注明：

a） 需方名称，地址；
b） 产品名称；
c） 产品数量；
d） 供方名称，地址；
e） 本标准编号。

7.2.2 内包装

包装盒应贴有产品标签，标签内容应包括：

a） 产品名称；
b） 规格和数量；
c） 产品制造日期；
d） 产品编号或批号；
e） 检验员印章和检验日期。

7.3 运输

产品在运输过程中应该避免冲击与振动，不能跌落和碰撞，不能受挤、受压。

7.4 贮存

产品应在洁净干燥的环境下室温贮存。

8 说明事项

8.1 订货文件内容

合同或订单中应包括下列内容：

库七七 www.kqqw.com 提供下载

a) 产品名称；
b) 本标准名称和编号；
c) 外形尺寸；
d) 晶面；
e) 电阻率；
f) 数量。

8.2 附加条款

附加条款可由供需双方协商确定。