



中华人民共和国国家标准

GB/T 32561.5—2022

红外光学硫系玻璃测试方法 第5部分：应力双折射

Measuring methods for chalcogenide infrared optical glass—
Part 5: Stress birefringence

2022-10-12 发布

2023-05-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

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。

本文件是 GB/T 32561《红外光学硫系玻璃测试方法》的第 5 部分。GB/T 32561 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：均匀性；
- 第 2 部分：条纹度；
- 第 3 部分：杂质；
- 第 4 部分：光吸收系数；
- 第 5 部分：应力双折射。

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国光学和光子学标准化技术委员会(SAC/TC 103)归口。

本文件起草单位：宁波大学、宁波阳光和谱光电科技有限公司、成都光明光电股份有限公司、湖北新华光信息材料有限公司、中国建筑材料科学研究总院有限公司、中国科学院上海光学精密机械研究所、中国科学院西安光学精密机械研究所、中国兵器工业标准化研究所、有研国晶辉新材料有限公司、江苏铁锚玻璃股份有限公司。

本文件主要起草人：戴世勋、张培晴、沈祥、宋宝安、林常规、王训四、于天来、胡向平、祖成奎、张龙、郭海涛、杜梦影、朱懿、石红春、姜守进。

引 言

红外光学硫系玻璃在热成像、红外传感、非线性器件、相变存储、光伏等领域具有广泛应用。其产品在生产、销售和使用,需要用标准化测量方法获得其性能参数。统一各种光学、电学参数的测量方法,建立红外光学硫系玻璃生产、销售、使用的最佳秩序,保证测试结果的可比性以及可再现性,以促进相关方的共同效益。GB/T 32561《红外光学硫系玻璃测试方法》描述了红外光学硫系玻璃的各项性能参数的测量方法,拟由 5 个部分构成:

- 第 1 部分:均匀性。目的在于规定红外光学硫系玻璃的内部均匀性的测试方法。
- 第 2 部分:条纹度。目的在于规定红外光学硫系玻璃的内部条纹度的测试方法。
- 第 3 部分:杂质。目的在于规定红外光学硫系玻璃的内部杂质的测试方法。
- 第 4 部分:光吸收系数。目的在于规定红外光学硫系玻璃的光吸收系数的测试方法。
- 第 5 部分:应力双折射。目的在于规定红外光学硫系玻璃的应力双折射的测试方法。

GB/T 32561 系列标准的 5 个部分分别对应了红外光学硫系玻璃在使用过程中的 5 个重要性能参数的测试方法。本文件是 GB/T 32561 的第 5 部分,针对的是红外硫系玻璃的应力双折射的测试方法。应力双折射用于表征硫系玻璃内部存在应力时对不同偏振方向的光波产生的折射率变化,是各个硫系玻璃生产厂家在产品生产、销售时必须提供的关键技术指标。本文件是在前 4 部分(均匀性、条纹度、杂质、光吸收系数等测试与表征)的基础上,针对硫系玻璃产品的内部应力进行定量测试并表征,以指导研制、生产和使用部门对硫系玻璃产品的检验和验收,促进产品质量的稳定性和一致性。

红外光学硫系玻璃测试方法

第 5 部分：应力双折射

1 范围

本文件描述了红外光学硫系玻璃应力双折射的测试原理、测试条件、仪器设备、样品、测试步骤和测试数据处理等试验方法。

本文件适用于红外光学硫系玻璃应力双折射的测试。

注：其他红外光学玻璃可参照使用。

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 36265—2018 红外光学玻璃

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

应力双折射 **stress birefringence**

由于玻璃中存在应力，当一束偏振光垂直于玻璃表面入射后，沿着玻璃中两个主应力方向分解的振动方向互相垂直的两束偏振光将具有不同的传播速度，即具有不同的折射率。

[来源：GB/T 7962.5—2010, 3.1, 有修改]

注：红外光学硫系玻璃是一种各向同性材料。如果玻璃内有应力，就会呈现光学各向异性。

3.2

光程差 **optical path difference**

δ

偏振光通过有应力的玻璃时产生双折射，沿着玻璃内两个主应力方向分解的偏振光在玻璃中的传播速度不同，导致两束偏振光通过玻璃后的光程不相等，两束偏振光之间的光程之差。

[来源：GB/T 7962.5—2010, 3.2, 有修改]

注：本文件中的光程差特指由应力双折射引起的两束光的光程差。

3.3

红外光学硫系玻璃 **infrared chalcogenide glass**

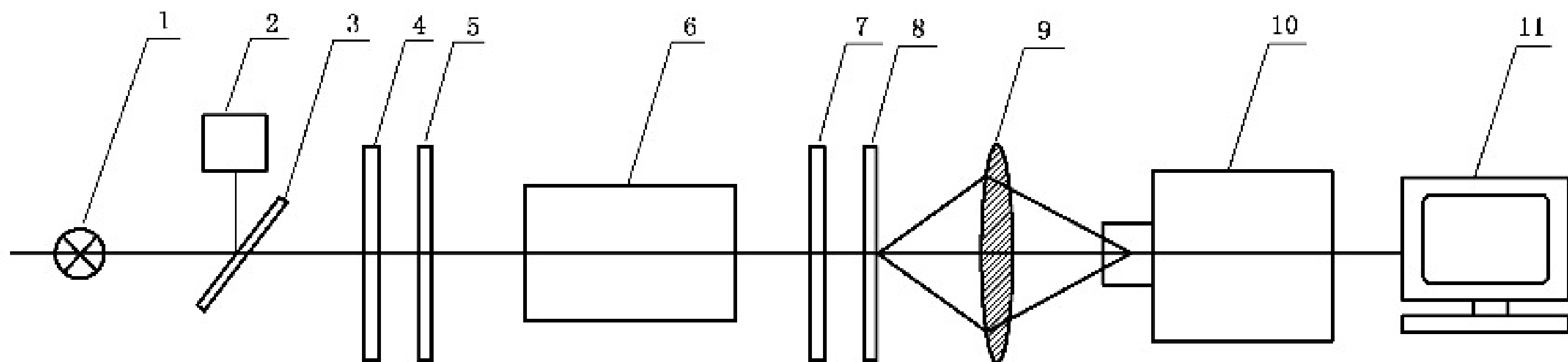
采用元素周期表中第 VIA 族的 S、Se、Te 三种元素与其他如 Ge、Ga、As、Sb 等金属元素组合形成的一种红外玻璃。

注：红外透过范围可超过 20 μm 。

4 原理

红外光学硫系玻璃中存在的应力将导致光学各向异性，则采用四分之一波片法测量，偏振光通过样

品后由于应力双折射导致光程差,测试原理如图 1 所示。设置起偏器和检偏器的通光方向正交,四分之一波片的光轴与起偏器通光方向一致,被测样品观测点的主应力方向与起偏器的通光方向成 45° 角。经过起偏器的线偏振光通过被测样品后形成椭圆偏振光,再经过四分之一波片后变为线偏振光,但其偏振面将发生旋转,旋转角度与样品的双折射光程差 δ 成正比,通过旋转检偏器测量其偏振面的旋转角度,即可测量样品中的应力双折射光程差。



标引序号说明:

- 1 —— 红外光源;
- 2 —— 功率计;
- 3 —— 分束片;
- 4 —— 扩束准直系统;
- 5 —— 起偏器;
- 6 —— 红外光学硫系玻璃样品;
- 7 —— 四分之一波片;
- 8 —— 检偏器;
- 9 —— 红外成像物镜;
- 10 —— 红外探测器;
- 11 —— 计算机数据采集、处理与显示系统。

图 1 应力双折射测量原理图

5 测试条件

除另有规定,应在下列环境条件下进行试验:

- a) 温度: $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$;
- b) 相对湿度小于 70%;
- c) 测试台隔振周期小于 3 Hz/s, 隔振振幅小于 0.15 mm;
- d) 气流速度小于 0.2 m/s。

6 仪器设备

6.1 组成

测试仪器和设备由红外光源系统、分束片、功率计、扩束准直镜、起偏器、检偏器、四分之一波片、红外成像物镜和探测器组成,所需的测试装置见图 1。

6.2 红外光源系统

红外光源的辐射光谱应通过红外光学硫系玻璃透过光谱区域内。光源依据测试波段的不同分别选择近红外波段 1 550 nm 激光光源,中红外波段 3.39 μm 氦氖激光光源,远红外波段 10.6 μm 二氧化碳

激光光源。测量时,采用与激光波长相对应的分束片和功率计监测光源的实时功率,光源输出功率的波动应在 $\pm 2.5\%$ 的区间内。

6.3 扩束准直系统

光源系统所采用的扩束准直系统应选用与待测红外光学硫系玻璃样品具有类似宽度并能透过光谱的红外材料。准直后的光束平行度应小于 1° 。可通过光源的控制电路进行光源出射功率调节。

6.4 四分之一波片

光程差为测试所选用的光源峰值波长的四分之一,相位延迟精度小于 $\lambda/300$ 。

6.5 起偏器、检偏器

透过率不低于 80% ,偏振度大于 30 dB ,波前畸变小于 $\lambda/4$ 。起偏器和检偏器带有可旋转的刻度盘,刻度盘的读数精度应小于 0.5° 。

6.6 探测器

根据测试波段的不同选择对应的红外探测器,红外成像和红外探测器阵列的选择与安装应保证通过检偏器后产生的红外干涉图案是清晰成像。

6.7 厚度测量仪

厚度测量精度应在 $\pm 0.1\text{ mm}$ 区间内。

7 样品

7.1 待测玻璃样品应事先经过退火处理,并使用玻璃内部缺陷检测仪检测,玻璃内部条纹按照 GB/T 36265—2018 中 5.4 的条纹度等级 A 的规定,应无明显的条纹阴影存在。

7.2 测试样品中部应力时,样品建议为矩形或圆形等规则形状。

7.3 两个通光面应精密抛光,样品的表面粗糙度 R_a 应不大于 $0.05\ \mu\text{m}$,两个通光面构成的楔角应小于 2° 。

7.4 抛光后的红外光学硫系玻璃样品应存放在密闭干燥器内。

7.5 测试前样品在测试室内的恒温时间应不低于 24 h 。

7.6 在测试室恒温的样品应分散放置,不应层叠放置。

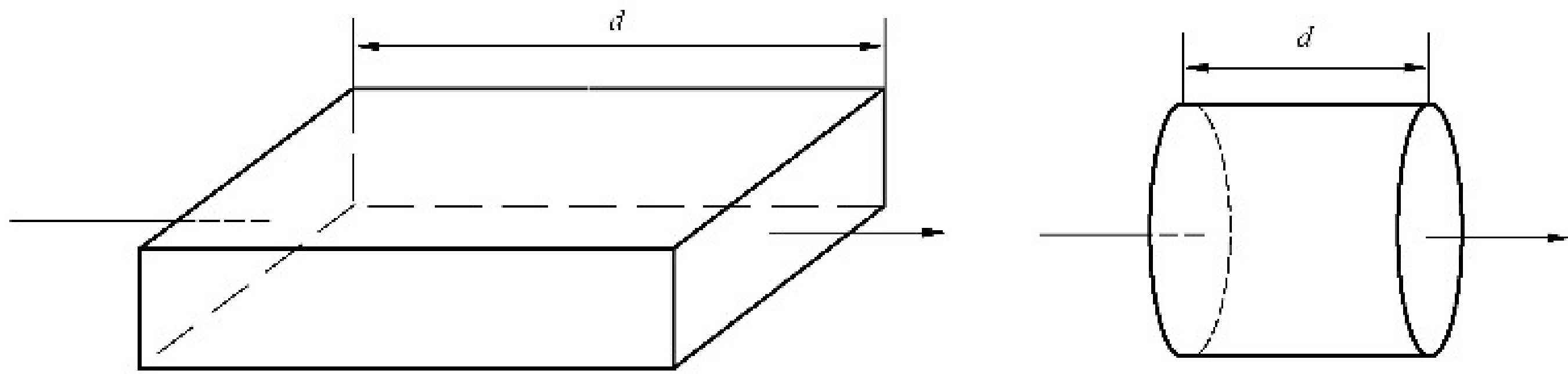
8 测试步骤

8.1 测试准备

8.1.1 按照图 1 所示原理图搭建四分之一波片法偏光应力双折射测试装置。

8.1.2 选用量程和精度适宜的量具测量样品应力测量方向的通光厚度 d 。

8.1.3 测量中部应力时,样品的最大尺寸的方向与通光观测方向一致,如图 2 所示。

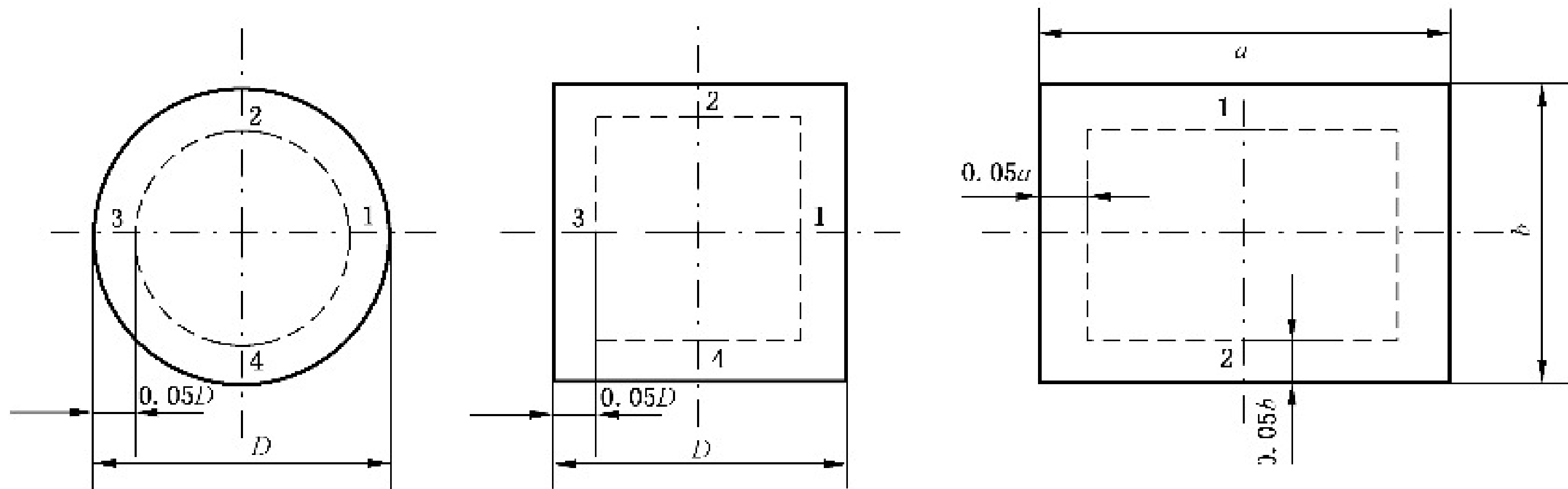


标引序号说明：

d ——样品应力测量方向的通光厚度，单位为厘米(cm)。

图 2 中部应力测试方向

8.1.4 测量边缘应力时，按图 3 要求对被测样品的通光观测面做好测量标记，被测点应位于图中虚线位置上。



标引序号说明：

D ——圆形和正方形样品的样品宽度，单位为厘米(cm)；

a ——长方形样品长边的样品宽度，单位为厘米(cm)；

b ——长方形样品短边的样品宽度，单位为厘米(cm)；

1——测试点 1；

2——测试点 2；

3——测试点 3；

4——测试点 4。

图 3 边缘应力测试点

8.1.5 调整起偏器和检偏器的方向，使其偏振轴正交，使探测器视场最暗。

8.1.6 放入四分之一波片，并绕入射光轴旋转，使视场重新恢复最暗。

8.1.7 放入待测样品，绕光轴旋转试样，看到样品被测点最暗后，继续旋转 45° ，被测点重新变亮，则标定此位置为零位状态点。

8.2 中部应力测试试验步骤

8.2.1 在检测器处于零位状态时观察被测样品，如发现干涉暗带为两条，则干涉级次 $N=0$ 。转动检偏器，使两条干涉暗带向中部靠拢并重合，直到最暗。读取检偏器转动的角度 α ，并用公式(1)计算光程差 δ 。

8.2.2 在检偏器处于零位状态时观察被测样品，如发现有成对多条干涉暗带，记下干涉级次 N 的值(此时的干涉级次 N 等于干涉暗带对数减去 1)；转动检偏器，使最靠近样品中部的两条暗带向中部靠拢，并重合，直到最暗。读取检偏器转动的角度 α ，并用公式(2)计算总光程差 δ_T 。

8.2.3 从上述测值中选出最大总光程差 δ_{\max} ，并用公式(3)计算单位厚度的光程差 δ_n 。如被测样品为退火后再切割的玻璃，则需要分别测量并计算其最长边和次长边两个方向单位厚度的光程差 δ_n ，并以二者的最大值作为测量结果。

8.3 边缘应力的测试步骤

8.3.1 在检偏器处于零位状态时观察被测样品，如发现干涉暗带为 1 条，则干涉级次 $N=0$ ，转动检偏器，使样品中的干涉带由中心向边缘扩展，并使干涉暗带中心线与测量点重合，读取检偏器转动的角度 α ，用公式(1)计算光程差 δ ，并记录为该测量点的光程差 δ_1 。

8.3.2 在检偏器处于零位状态时，如发现有多条以上的干涉带，则干涉级次 $N \neq 0$ ，(此时的干涉级次 N 等于干涉带条数减去 1)，转动检偏器，将样品中最外边的那条干涉暗带由中心向边缘扩展，并使干涉暗带中心线与 1 个测量点重合，读取检偏器转动的角度 α ，用公式(2)计算总光程差 δ_T ，并记录为该测量点的总光程差 δ_{T1} 。

8.3.3 重复 8.3.1 和 8.3.2 操作，分别测出其余各测量点的总光程差， $\delta_{T2}, \delta_{T3}, \delta_{T4}, \dots$ ，从中选出最大总光程差 δ_{\max} ，并用公式(3)计算单位厚度的光程差 δ_n 。

9 测试数据处理

9.1 旋转角与样品的双折射光程差 δ 成正比，可用公式(1)计算光程差 δ 。

$$\delta = \frac{\lambda}{180^\circ} \alpha \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中：

δ ——光程差，单位为纳米(nm)；

λ ——测试用单色光波长，单位为纳米(nm)；

α ——检偏器旋转角，单位为度(°)。

9.2 总光程差 δ_T 可用公式(2)计算。

$$\delta_T = N\lambda + \frac{\lambda}{180^\circ} \alpha \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中：

δ_T ——总光程差，单位为纳米(nm)；

N ——干涉级次；

λ ——测试用单色光波长，单位为纳米(nm)；

α ——检偏器旋转角，单位为度(°)。

9.3 将测量所得的最大总光程差 δ_{\max} 和应力测量方向的通光厚度 d 代入公式(3)，计算样品单位厚度的光程差 δ_n ：

$$\delta_n = \frac{\delta_{\max}}{d} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中：

δ_n ——样品单位厚度的光程差，单位为纳米每厘米(nm/cm)；

δ_{\max} ——最大总光程差，单位为纳米(nm)；

d ——样品应力测量方向的通光厚度，单位为厘米(cm)。

9.4 最大总光程差的测量不确定度(u) 在 1 550 nm 波段时： $u < 5$ nm；在 3.39 μ m 波段时： $u < 10$ nm；在 10.6 μ m 波段时： $u < 30$ nm。

10 测试报告

测试报告应包含以下内容：

- a) 测试单位及其联系方式；
- b) 委托单位；
- c) 试样名称、规格；
- d) 环境温度、环境湿度；
- e) 测试方法、测试设备；
- f) 测试波长；
- g) 试样的应力双折射数值；
- h) 测试日期；
- i) 测试人员和复核人员签名。

注：红外光学硫系玻璃应力双折射检测报告格式见附录 A。

附录 A

(资料性)

红外光学硫系玻璃应力双折射检测报告格式

红外光学硫系玻璃应力双折射检测报告的格式见表 A.1。

表 A.1 红外光学硫系玻璃应力双折射检测报告

测试单位		联系方式	
测试方法		测试设备	
委托单位		测试波长 $\lambda/\mu\text{m}$	
试样名称		样品组分	
环境温度/ $^{\circ}\text{C}$		环境湿度/%	
试样规格(长 \times 宽 \times 厚)			
试验项目	中部应力	通光方向厚度 d/cm	
		最大总光程差 $\delta_{\text{max}}/\text{nm}$	
		应力双折射 $\delta_{\text{n}}/(\text{nm}/\text{cm})$	
	边缘应力	通光方向厚度 d/cm	
		测试点 1 总光程差/ nm	
		测试点 2 总光程差/ nm	
		测试点 3 总光程差/ nm	
		测试点 4 总光程差/ nm	
		最大总光程差 $\delta_{\text{max}}/\text{nm}$	
		应力双折射 $\delta_{\text{n}}/(\text{nm}/\text{cm})$	
备注：			
测试人员(签字)		日期	
复核人员(签字)		日期	

参 考 文 献

- [1] GB/T 7962.5—2010 无色光学玻璃测试方法 第5部分:应力双折射
-