



# 中华人民共和国国家标准

GB/T ×××××—XXXX

## 激光器和激光相关设备 激光束偏振特性 测量方法

Lasers and laser-related equipment —  
Test methods for laser beam Polarization parameters

(ISO 12005:2022, Lasers and laser-related equipment —  
Test methods for laser beam parameters — Polarization, MOD)

(征求意见稿)

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

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 .....	
1 范围 .. .. .	1
2 规范性引用文件 .. .. .	1
3 术语和定义 .. .. .	1
4 偏振态测量方法 .. .. .	3
4.1 测量原理 .. .. .	3
4.2 设备布置 .. .. .	3
4.2.1 概述 .. .. .	4
4.2.2 大发散角光束的测量布置 .. .. .	4
4.2.3 大口径光束的测量布置 .. .. .	4
4.3 部件 .. .. .	4
4.3.1 辐射探测器 .. .. .	4
4.3.2 线性偏振片 .. .. .	4
4.3.3 四分之一波片 .. .. .	5
4.3.4 光学衰减片 .. .. .	5
4.4 测量过程 .. .. .	5
4.4.1 概述 .. .. .	5
4.4.2 测量 1 .. .. .	5
4.4.3 测量 2 .. .. .	5
4.5 结果分析 .. .. .	6
5 测试报告 .. .. .	7
附件A（资料性附录）单色激光束偏振态的完整描述 .. .. .	10
参考文献 .. .. .	13

## 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。

本文件使用重新起草法修改采用 ISO 12005:2022《激光和激光相关设备 激光束参数测量方法 偏振测量》。

本文件与 ISO 12005-2022 的技术性差异及其原因如下：

——用规范性引用文件代替了国际标准，以适应我国的技术条件，具体调整如下：

- 用修改采用国际标准的 GB/T 15313 代替了 ISO 11145；
- 用等同采用的国家标准 GB/T 13863-2021 代替了 ISO 11554；

本标准与 ISO 12005-2022 相比做了下列编辑性修改：

——修改了标准题目，以符合国家标准的规范；

——删除了 ISO 12005-2022 的前言部分，根据 GB/T 1.1—2020 和 GB/T 20000.2—2009 对前言进行了重新编写，以符合国家标准的规范；

——删除了 ISO 12005-2022 的引言部分（Introduction）。该引言主要介绍了本标准的适用范围和局限性，并扼要介绍了基于斯托克斯矢量的偏振特性测量方法，属解释性、资料性信息，而非本标准的必须内容；

——中英文表达方式有很大不同。如果完全等同翻译，会影响读者对标准的阅读理解，不利于标准的推广应用。编制组在不改变 ISO 标准原文技术内容的前提下，按照中文表达习惯进行了修改；

——中英文标准的编制规则不同，编制组在不改变 ISO 标准原文技术内容的前提下，按 GB/T 1.1-2020 的相关规定对本部分的格式进行了编辑性修改。

本文件的某些部分可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

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：电子科技大学、中国兵器工业标准化研究所、... ..等。

本文件主要起草人：XXXX。

本文件为首次发布。

# 激光器和激光相关设备 激光束偏振特性测量方法

## 1. 范围

本文件规定了激光束偏振特性的测量原理、测量过程及数据处理等内容。

本文件适用于测量连续波（CW）激光束或稳定脉冲激光束的偏振态，以及如可能偏振度的测量，线偏振（完全或部分）激光束情况下振荡面方向的测量，高度发散激光束和大口径激光束偏振态的测量。

## 2. 规范性引用文件

下列文件中的部分或者全部条款通过引用成为本标准的条款。凡注明日期或者版次的引用文件，仅引用的版本适用于本标准。凡未注明日期或版次的引用文件，其最新版本适用于本标准（包含所有勘误的内容）。

GB/T 15313 激光术语（ISO 11145, Optics and photonics—Laser and laser—related equipment—Vocabulary and symbols, MOD）；

GB/T 13863 激光辐射功率和功率不稳定性测试方法（ISO 11554, Optics and photonics—Lasers and laser-related equipment—Test methods for laser beam power, energy and temporal characteristics, MOD）；

CIE 059-1984, Polarization: Definitions and Nomenclature, Instrument Polarization.

## 3. 术语和定义

GB/T 15313和CIE 059-1984中规定的术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 偏振 **polarization**

电场矢量向特定方向振荡的限制。

注：这是一个基本现象，可以用电磁辐射是一个横波运动的概念来解释，即振动与传播方向垂直。通常认为这些振动是电场矢量的振动。

### 3.2

#### 偏振态 **state of polarization**

偏振(3.1)分类为线性偏振态、圆偏振态、椭圆偏振态或非偏振态。

### 3.3

#### 椭圆角 **ellipticity angle**

$\varepsilon$

〈椭圆偏振辐射〉角，其正切是偏振(3.1)椭圆的短半轴b与长半轴a的有符号比值，其中正负符号分别表示右旋或左旋椭圆偏振光(3.1)，即  $\tan \varepsilon = \pm b/a$

注1：偏振椭圆由电场矢量的端点在辐射传播方向的横向平面中的运动来描述（见附件A）。

注2：椭圆角限制为 $-45^\circ \leq \varepsilon \leq +45^\circ$ 。当 $\varepsilon = \pm 45^\circ$ 时，是圆偏振光，而当 $\varepsilon = 0^\circ$ 时，是线偏振光（见附件A）。

### 3.4

#### 方位角 **azimuth**

$\emptyset$

偏振(3.1)椭圆的长半轴与垂直于传播方向的参考轴之间的角度。

注：方位角被限制为 $-90^\circ \leq \emptyset \leq +90^\circ$ （见附件A）。

### 3.5

#### 线偏振器 **linear polarizer**

任意输入偏振态和偏振度(3.9)情况下输出线偏振光的光学器件。

### 3.6

#### 消光比 extinction ratio

$r_e$

〈线偏振器〉线偏振器质量的测量。

注1：如果采用完全线偏振辐射入射到线偏振器，则线偏振器的消光比由下式给出：

$$r_e = \frac{\tau_{\max}}{\tau_{\min}} \text{ or } \frac{\rho_{\max}}{\rho_{\min}} \quad (1)$$

式中：

$\tau_{\max}(\rho_{\max})$  为通过线偏振器的功率（能量）的最大透过率（反射率）；

$\tau_{\min}(\rho_{\min})$  为通过线偏振器的功率（能量）的最小透过率（反射率）。

注2：消光比通常描述如下：

$$r_e = \frac{\tau_{\max}}{\tau_{\min}} : 1 \text{ or } \frac{\rho_{\max}}{\rho_{\min}} : 1 \quad (2)$$

### 3.7

#### 偏振比 polarization ratio

$r_p$

〈激光束〉完全或部分偏振激光束的线性偏振度(3.10)的测量。

$$r_p = \frac{P_{\max}}{P_{\min}} \text{ or } \frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} \quad (3)$$

其中， $P_{\max}(Q_{\max})$ 和 $P_{\min}(Q_{\min})$ 是在改变可旋转偏振器角度时，通过线偏振器(3.5)的最大辐射功率（能量）和最小辐射功率（能量）。

注：测量的光束功率 $P_{\max}$ 和 $P_{\min}$ 以及测量的光束能量 $Q_{\max}$ 和 $Q_{\min}$ 在4.4.2中规定。

### 3.8

#### 四分之一波片 quarter wave plate

将入射的完全偏振辐射光束分解为两束正交偏振光束并在两光束间引入 $90^\circ$ 相移的光学元件。

### 3.9

#### 偏振度 degree of polarization

$p$

完全偏振分量的光束功率（或能量）与总光束功率（或能量）的比值

### 3.10

#### 线偏振度 degree of linear polarization

$p_L$

通过线偏振器(3.5)的最大透射方向 $\xi$ 和最小透射方向 $\eta$ 的光束功率 $P$ （能量 $Q$ ）的差值与总和之比。

$$p_L = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\max} + P_{\min}} \text{ or } \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_{\max} + Q_{\min}} \quad (4)$$

注：测量的光束功率 $P_{\max}$ 和 $P_{\min}$ 以及测量的光束能量 $Q_{\max}$ 和 $Q_{\min}$ 在4.4.2中规定。

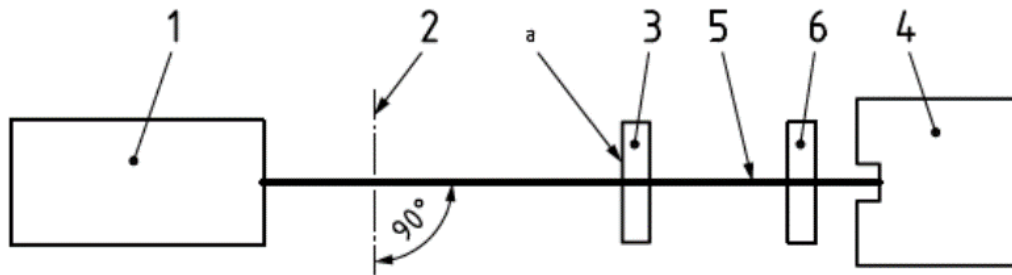
## 4 偏振态测试方法

### 4.1 测量原理

首先确定激光束偏振是否为线偏振。包括在改变线偏振器角方位时记录透射的辐射最大和最小值，如图1所示。

如果激光束不是线性偏振的（根据 4.5 中给出的判据判断），则通过测量透过四分之一波片和线偏振器后的光束确定其是否为椭圆偏振或圆偏振，如图 2 所示。

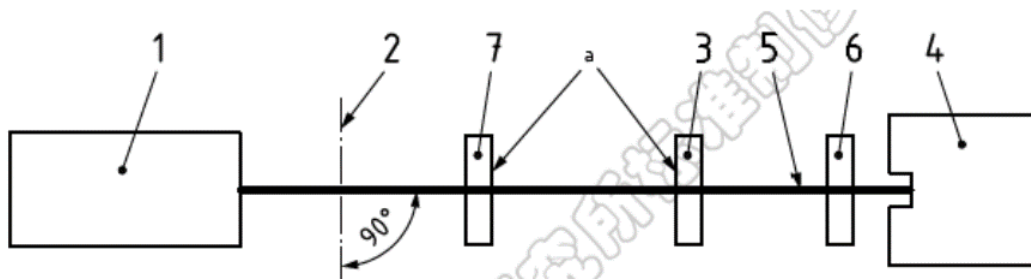
如果光束不是线偏振、椭圆偏振或圆偏振的，则其只是部分偏振或者非偏振的。



说明：

- 1 激光器
- 2 参考轴
- 3 线偏振器（可旋转）
- 4 探测器
- 5 激光束
- 6 衰减片（可选）
- a 旋转 180°

图1 线偏振测试的示意图



说明

- 1 激光器
- 2 参考轴
- 3 线偏振器（可旋转）
- 4 探测器
- 5 激光束
- 6 衰减片（可选）
- 7 四分之一波片（可旋转）
- a 旋转180°

图2 椭圆偏振或圆偏振测试的示意图

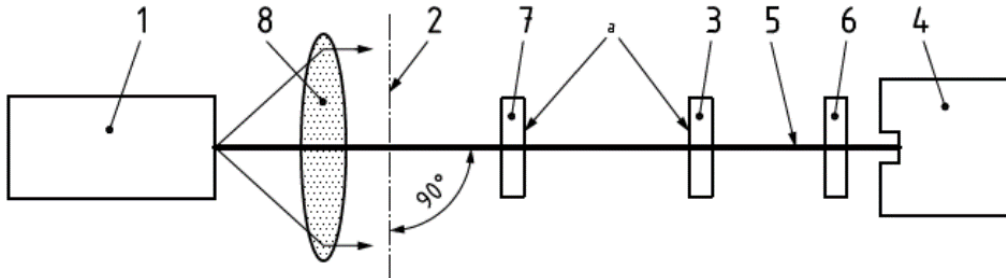
### 4.2 设备布置

#### 4.2.1 概述

实验装置如图1和2所示。

#### 4.2.2 用于测试大发散角光束的特殊布置

高度发散的光束不会穿过上述测试布置中的所有组件。在这种情况下，应在激光器和第一个组件（参考轴）之间插入准直模块（参见图 3）。该准直模块由无像散和球差的收集光学元件（如单个透镜或一组透镜）和放大倍数小于 1 的望远镜组成，将光束缩小到能穿过所有光学元件。



说明：

- 1 激光器
- 2 参考轴
- 3 线偏振器（可旋转）
- 4 探测器
- 5 激光束
- 6 衰减片（可选）
- 7 四分之一波片（可旋转）
- 8 准直光学元件
- a 旋转 180°

图3 用于测试输出高度发散光束激光器的示意图

#### 4.2.3 用于测试大口径光束的特殊布置

应注意测试装置是否能测量整个光束。如不能，例如对于大口径光束，则应使用较小的非重叠子口径进行测量。偏振的均匀性可以通过在多个子口径的测量来确认。

注：空间非均匀偏振的测量不在本文件的范围内。然而，空间不均匀但局部均匀的偏振可以使用上述较小的非重叠子口径来测量。另外，CCD或CMOS相机将有助于检测空间非均匀偏振状态。

### 4.3 组件

#### 4.3.1 辐射探测器

GB/T 13863 (ISO 11554)的规定适用于辐射探测器和激光束功率（能量）的测量装置。注意偏转分析只需要相对测量。此外，应注意以下两点：

a) 应通过制造商数据或测量确认探测器的输出量（例如电压）与输入量（激光功率）成线性正比关系。应尽量降低或通过标定校正探测器及其附带的电子电路的任何波长依赖性、非线性或非均匀性。

b) 应注意确保入射激光束功率不超过探测器表面以及位于激光器和探测器之间的所有光学元件（如偏振器、衰减器等）的损伤阈值（辐照度、辐射曝光剂量、功率和能量）。

#### 4.3.2 线偏振器

应使用消光比 $r_e \geq 50$ 的线偏振器。因为线偏振器的偏振泄漏会使偏振度 $p$ 的测量误差大至 $r_e - 1$ 量级。

最大透射方向应在安装支架上标出。



### 4.3.3 四分之一波片

根据测试波长选择四分之一波片，其在两个正交偏振态之间引入  $(\lambda/4 \pm \lambda/200)$  的光程差。快轴分量（最低折射率）的振动方向应在安装支架上标出。

### 4.3.4 光学衰减器

光学衰减器用于降低激光功率密度。

当输出激光功率或功率密度超过探测器的工作（线性）范围或损伤阈值时，应使用光学衰减器。应尽量降低或通过标定校正光学衰减器的任何波长依赖性、非线性或非均匀性。

## 4.4 测量过程

### 4.4.1 概述

搭建4.2节中描述的实验装置。

通过调整光路中光学元件的角度和位置，确保激光器没有后向反射反馈。

如果使用光学衰减器，要单独测试以确保其对光束偏振特性不产生影响。为此，在偏振器3和探测器4之间插入光学衰减器。选用一线偏振光束的标准激光器。调节偏振器的角度以获得最大功率。将衰减器绕轴旋转，测量功率。确认检测到的功率与旋转角度无关（例如0°、45°和90°）。

初始准备完成后，应进行评估，以确定整个激光束是否到达探测器表面。可在每个光学元件前的光路中放置不同直径的光栏。逐渐减小光栏直径，直到输出信号减少5%。此时光栏的直径应至少比光学元件的口径小20%。

### 4.4.2 测量 1

参见图 1。

确定并记录垂直于光轴的参考轴的方向。

- 旋转偏振器以便在探测器上获取最大和最小读数。
- 在探测器的最大和最小读数时记录这些读数以及偏振器的角度方向  $(\gamma_{(p)})$ 。
- 根据两个正交方向  $\xi$  和  $\eta$  的光束功率  $P_{max}$  和  $P_{min}$ （或光束能量  $Q_{max}$  和  $Q_{min}$ ）计算出对比度  $C$ ，如公式 (5) 所示。

$$C = \frac{P_{max} - P_{min}}{P_{max} + P_{min}} \text{ or } \frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q_{max} + Q_{min}} \quad (5)$$

光束功率  $P_{max}$  和  $P_{min}$  或光束能量  $Q_{max}$  和  $Q_{min}$  与偏振比  $r_p$  的关系为公式 (3)。

方向  $\xi$  和  $\eta$  的选择是使透过线偏振器后光束功率（能量）分别在  $\xi$  方向上传输最大，在  $\eta$  方向上传输最小（见图 A.1）。

根据公式 (3) 和 (5)，对比度  $C$  可表示为  $r_p$  的函数，如公式 (6) 所示。

$$C = \frac{r_p - 1}{r_p + 1} \quad (6)$$

- 重复测量至少 10 次并计算平均对比度  $C_{a1}$ 。如果  $C_{a1} < 0.9$ ，则继续执行测量 2。

### 4.4.3 测量 2

参见图 2。

- 独立旋转四分之一波片和偏振器，以获得探测器上的最大和最小读数。重复该过程，以确保绝对最大和最小测量值为四分之一波片和偏振器的角度方向的函数。
- 记录最大 ( $P_{max}$ ) 和最小 ( $P_{min}$ ) 读数，偏振片的角度  $_{max}()p$  和  $_{min}()p$ ，以及四分之一波片的角度  $_{max}()q$  和  $_{min}()q$ 。
- 由测量值计算对比度。
- 重复测量至少 10 次并计算平均对比度  $C_{a2}$ 。

## 4.5 结果分析

测量 1 数据中的对比度  $C_{a1}$  直接给出了被测激光束的线性偏振度  $p_L$ 。测量 2 数据中的对比度  $C_{a2}$  等于激光束的偏振度  $p$ 。由于理论上  $p \geq p_L$ （见附件 A），不等式  $C_{a2} \geq C_{a1}$  应该成立。然而需要注意的是，当  $C_{a2}$  和  $C_{a1}$  非常接近时，特别是当  $|C_{a2} - C_{a1}| \leq 0.1$  时，由于测量误差，实验测量的对比度不等式  $C_{a2} \geq C_{a1}$  可能不成立。因此，激光束的偏振态可根据对比度分类如下：

如果  $C_{a1} \geq 0.9$ ，则激光束被认为是完全线偏振的。方位角由偏振器在最大读数时的角度方向给出。

如果  $0.1 < C_{a1} < 0.9$ ， $0.1 < C_{a2} < 0.9$ ，且  $|C_{a2} - C_{a1}| \leq 0.1$ ，则激光束为部分线偏振。

如果  $C_{a1} < 0.1$  且  $C_{a2} \geq 0.9$ ，则激光束被认为是完全圆偏振的。

如果  $C_{a1} < 0.1$  且  $0.1 < C_{a2} < 0.9$ ，则激光束为部分圆偏振。

如果  $0.1 < C_{a1} < 0.9$  且  $C_{a2} \geq 0.9$ ，则激光束完全椭圆偏振。偏振椭圆的方位角和椭圆角可使用偏振分析装置确定，该设备可以获得四个斯托克斯参数（见附件 A）。

如果  $0.1 < C_{a1} < 0.9$ ， $0.1 < C_{a2} < 0.9$ ，并且  $C_{a2} - C_{a1} > 0.1$ ，则激光束为部分椭圆偏振。偏振椭圆的方位角和椭圆角可使用偏振分析装置确定，该设备可获得四个斯托克斯参数（见附件 A）。

如果  $C_{a1} \leq 0.1$ ， $C_{a2} \leq 0.1$ ，则激光束为非偏振的。

上述测量假定激光束在其横截面内具有均匀的偏振特性。对偏振状态表现出随机性和空间上无法分辨的变化（在整个口径和方向内对探测器而言表现为非偏振）的激光束应使用更小口径（根据需要）重新测试，以确定偏振态的空间分布（见 4.2.3）。

表 1 总结了上述偏振态的分类情况。

图 4 显示了结果分析的流程图。

表 1 偏振态分类表

测量 1	测量 2	$C_{a2} - C_{a1}$	偏振态
$C_{a1} \geq 0.9$	-	-	完全线偏振光
$0.1 < C_{a1} < 0.9$	$0.1 < C_{a2} < 0.9$	$ C_{a2} - C_{a1}  \leq 0.1$	部分线偏振光
$C_{a1} < 0.1$	$C_{a2} \geq 0.9$	-	完全圆偏振光
$C_{a1} < 0.1$	$0.1 < C_{a2} < 0.9$	-	部分圆偏振光
$0.1 < C_{a1} < 0.9$	$C_{a2} \geq 0.9$	-	完全椭圆偏振光
$0.1 < C_{a1} < 0.9$	$0.1 < C_{a2} < 0.9$	$C_{a2} - C_{a1} > 0.1$	部分椭圆偏振光
$C_{a1} < 0.1$	$C_{a2} < 0.1$	-	非偏振光

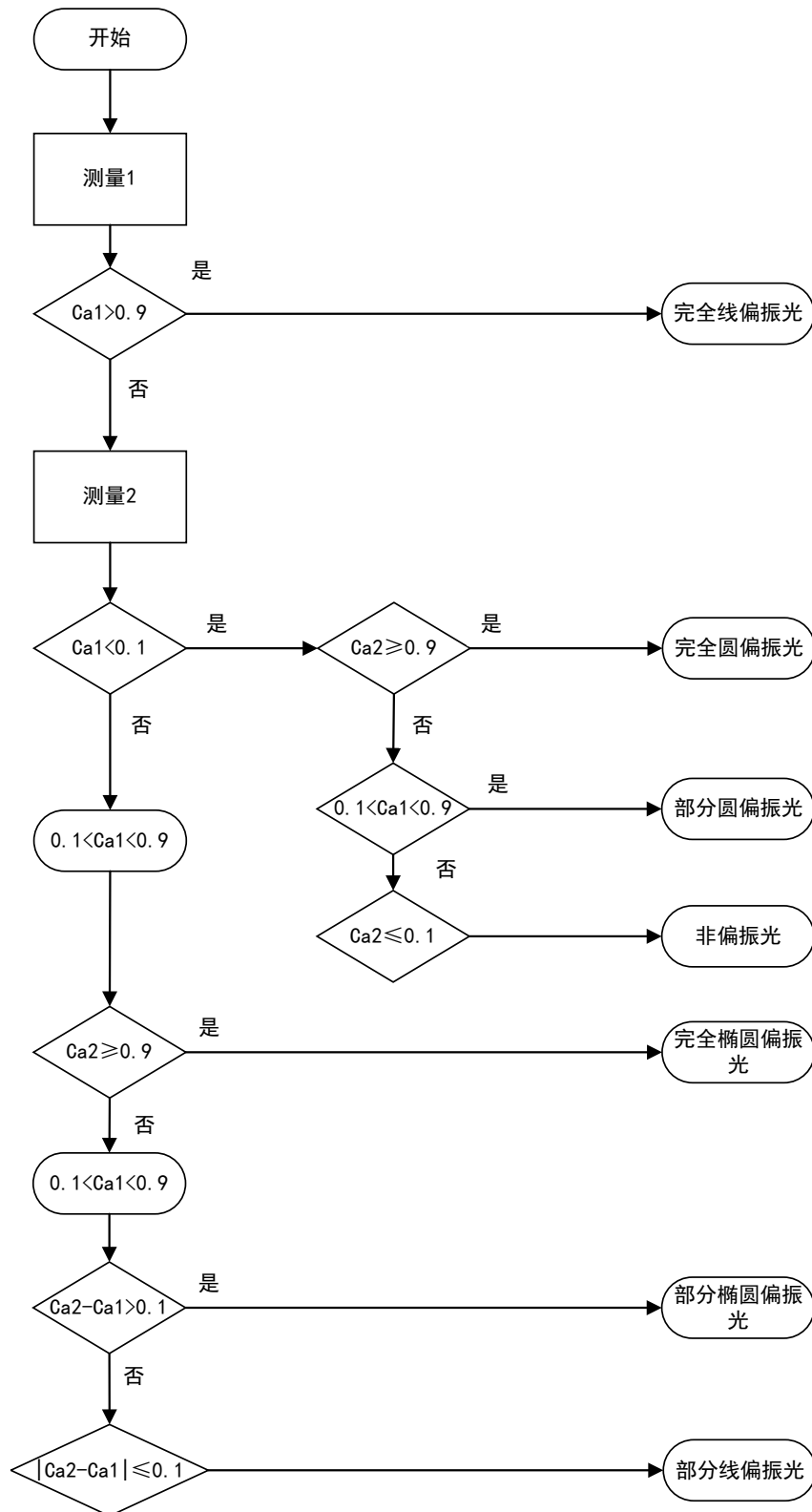


图4 结果分析流程图

## 5 测试报告

测试报告应包含以下信息。

### a) 常规信息：

- 1) 测试已按照 GB/T XXXXX 执行；

- 2) 测试日期;
- 3) 测试机构名称和地址;
- 4) 测试人姓名。
- b) 被测激光器信息:
  - 1) 激光器类型;
  - 2) 制造商;
  - 3) 制造商型号;
  - 4) 序列号。
- c) 测试条件:
  - 1) 激光器波长(或波长范围);
  - 2) 测量温度(K)(二极管激光器冷却液)(仅适用于二极管激光器);
  - 3) 工作模式(连续或脉冲);
  - 4) 激光器参数设置:
    - 输出功率或能量;
    - 电流或能量输入;
    - 脉冲能量;
    - 脉冲宽度;
    - 脉冲重复率;
  - 5) 模式结构(如果已知);
  - 6) 环境条件。
- d) 测试和评估相关信息:
  - 1) 探测器和采样系统:
    - 探测器系统的响应时间;
    - 采样的触发延迟(仅适用于脉冲激光器);
    - 测量时间间隔(仅适用于脉冲激光器);
  - 2) 光学元件和衰减方法(如适用):
    - 衰减器类型;
    - 分光元件类型;
    - 聚焦元件类型;
  - 3) 用于测试的偏振器;
  - 4) 参考轴方向;
  - 5) 子孔径宽度和对应的测量角度(如适用)。
- e) 测试结果
  - 1) 表2的测量结果或读数;
  - 2) 偏振态;
  - 3) 偏振度和线性偏振度;
  - 4) 偏振分量的方位角(如果是线偏振);
  - 5) 作为相对于激光束的子孔径角度位置函数的测量结果(如适用)。
- f) 程序的任何偏差;
- g) 观察到的任何异常特征

表 2 测量结果

	平均对比度		偏振器角度				四分之一波片角度			
	均值	$\sigma^a$	$\gamma_{max}^{(p)}$		$\gamma_{min}^{(p)}$		$\gamma_{max}^{(q)}$		$\gamma_{min}^{(q)}$	
			均值	$\sigma^a$	均值	$\sigma^a$	均值	$\sigma^a$	均值	$\sigma^a$
测量 1										
测量 2										
$\sigma^a$ 是标准差										

## 附录 A

(资料性)

## 单色激光束偏振态的完整描述

## A.1 斯托克斯矢量

激光束的斯托克斯矢量被定义为一组四个实数，称为斯托克斯参数： $S_0$ 到 $S_3$ ，每个都具有功率单位，完整地描述了光束的偏振态和功率。

第一个参数 $S_0$ 测量光束的总功率。因此  $S_0 > 0$ 。

最常见的偏振分量是椭圆态，其功率为 $S_p$ 。 $p = S_p/S_0$  是激光束的偏振度。

此分量的完整表征需要知道方位角 $\Phi$  和椭圆角 $\varepsilon$ ，如图A.1所示，与偏振椭圆相关；椭圆由电场矢量的端点在传播方向横向平面的运动来描述。假设激光束沿垂直于xy平面的+z方向（在图A.1中由 $\odot$ 表示）传播。请注意，椭圆角 $\varepsilon$ 通常用作有符号数，其符号表示电场矢量的旋转方向。具体来说，正的和负的 $\varepsilon$ 数值分别表示右旋椭圆偏振和左旋椭圆偏振。当 $\varepsilon = \pm 45^\circ$ 时，为圆偏振，而当 $\varepsilon = 0^\circ$ 时，为线偏振。

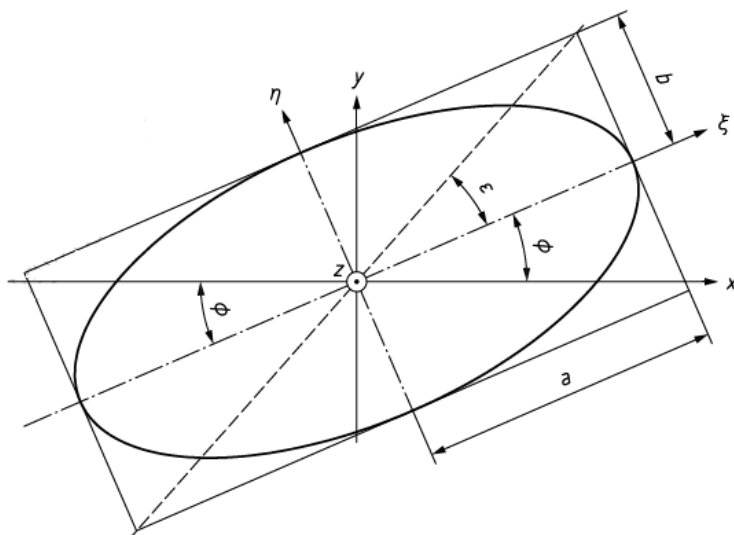


图 A.1 显示方位角 $\Phi$  和椭圆角 $\varepsilon$  对椭圆偏振辐射的重要性的几何表示

通过公式 (A.1) 到 (A.3)，第二 ( $S_1$ )、第三 ( $S_2$ ) 和第四个 ( $S_3$ ) 斯托克斯参数给出了偏振分量的另一种描述：

$$S_1 = S_p \cos(2\Phi) \cos(2\varepsilon) \quad (\text{A.1})$$

$$S_2 = S_p \cos(2\Phi) \sin(2\varepsilon) \quad (\text{A.2})$$

$$S_3 = S_p \sin(2\varepsilon) \quad (\text{A.3})$$

最后，斯托克斯矢量可以写成总光束功率 $P$ 、偏振度 $p$ 、方位角 $\Phi$  和椭圆角 $\varepsilon$  的函数，即由公式 (A.4) 给出：

$$S = \begin{pmatrix} S_0 \\ S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{pmatrix} = P \begin{pmatrix} 1 \\ p \cos(2\Phi) \cos(2\varepsilon) \\ p \sin(2\Phi) \cos(2\varepsilon) \\ p \sin(2\varepsilon) \end{pmatrix} \quad (\text{A.4})$$

反之，通过下列公式 (A.5) 到 (A.8)，P、 $\Phi$  和  $\varepsilon$  可由斯托克斯矢量确定：

$$P = S_0 \quad (\text{A.5})$$

$$p = (S_1^2 + S_2^2 + S_3^2)^{1/2} / S_0 \quad (\text{A.6})$$

$$\Phi = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left( \frac{S_1}{S_2} \right) \quad (\text{A.7})$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left[ S_3 / (S_1^2 + S_2^2)^{1/2} \right] \quad (\text{A.8})$$

## A.2 测量1和2的两种对比度的基本特征

测量 2 的原理是基于任何“部分偏振”辐射都可以分解为“完全偏振”和“非偏振”分量。其中，“完全偏振”分量可以通过使用四分之一波片转换为（完全偏振）“线偏振”辐射，因为沿偏振椭圆的长半轴和短半轴的正交电场（图 A.1）相位相互偏移  $90^\circ$ ；通过设置主轴与偏振椭圆的两个半轴重合，四分之一波片可以消除相移或增加相移至  $180^\circ$ 。反之，四分之一波片对“非偏振”分量没有影响。相应地，测量2中的最大和最小读数分别给出  $S_p + S_u/2$  和  $S_u/2$ ，其中  $S_p$  和  $S_u$  分别表示“完全偏振”和“非偏振”分量的功率。因此，测量 2 的对比度给出了  $S_p/(S_p + S_u)$ ，即 3.9 定义的偏振度。

从偏振计算可以看出，从测量 2 的对比度得到的偏振度  $p$  与斯托克斯参数的关联由公式 (A.9) 给出

$$p = (S_1^2 + S_2^2 + S_3^2)^{1/2} / S_0 \quad (\text{A.9})$$

这是偏振度  $p$  和斯托克斯参数之间的关系，如 A.1 节所述。类似地，测量1的线性偏振度  $p_L$  与斯托克斯参数的关联由公式 (A.10) 给出：

$$p_L = (S_1^2 + S_2^2)^{1/2} / S_0 \quad (\text{A.10})$$

圆偏振度  $p_C$  也由斯托克斯参数给出：

$$p_C = |S_3| / S_0 \quad (\text{A.11})$$

比较公式 (A.9) 到 (A.11)，可得到下列公式 (A.12) 和 (A.13)。

$$p \geq p_L \quad (\text{A.12})$$

$$p \geq p_C \quad (\text{A.13})$$

即，偏振度总是大于或等于线偏振度和圆偏振度。

### A.3 偏振分析

从A.1节可明显看出，激光束偏振态的完整描述意味着确定四个斯托克斯参数。

这需要至少四次独立的测量，其中每次测量都分析光束的不同“偏振含量”。例如，4-探测器偏振仪[1][2]就能满足这样的要求。任何基于这一原则的设备都适用于获取四个斯托克斯参数，从而得到任意激光束的偏振度、方位角和椭圆角。



参考文献

- [1] Azzam R.M.A., Arrangement of four photodetectors for measuring the state of polarization of light. *Opt. Lett.* 1985, **10** pp. 309-311
- [2] Azzam R.M.A., Lopez A.G., Accurate calibration of the four-detector photopolarimeter with imperfect polarizing optical elements. *J. Opt. Soc. Am. A.* 1989, **6** pp. 1513-1521