**大学物理-综合实验 | 实验报告**

日期  **2023年12月8日**

**偏振光**

1. **实验目的**

了解偏振光的原理，验证马吕斯定律，利用布儒斯特定律测量介质折射率，判断生活中常见光源的偏振属性，用1/4波片制造圆偏振光和椭圆偏振光。

1. **实验原理**
   1. **产生偏振光的元件**

将自然光变成偏振光的方法有很多，一个方法是利用光在界面反射和透射时光的偏振现象。即：反射光中的垂直于入射面的光振动（称s分量）多于平行于入射面的光振动（称p分量）；而透射光则正好相反。在改变入射角的时候，会出现一个特殊的现象，即入射角为某一特定值时，反射光成为完全线偏振光（s分量），折射光为部分偏振光，而且此时的反射光线和折射光线垂直，这种现象称为布儒斯特定律，这一特定的入射角称为布儒斯特角，如图1所示。该方法是可以获得线偏振光的方法之一。因为此时

若（空气的折射率），则，所以通过测量布儒斯特角的大小可以测量介质的折射率。

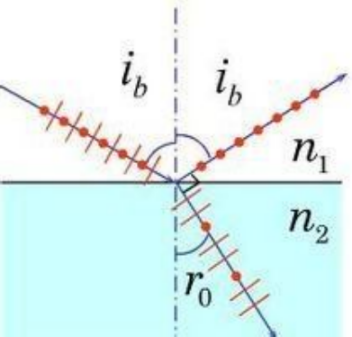


图 1 布儒斯特定律原理图

由以上介绍可以知道利用反射可以产生偏振光，同样利用透射（多次透射）也可以产生偏振光（玻璃堆）。

第二种生产偏振光的方法是利用光学棱镜，如尼科耳棱镜、格兰棱镜等，它是利用晶体的双折射原理制成的。当光束沿着晶体光轴方向传播时，光束不分裂，光束偏离这个方向传播时，光束将分裂为两束，其中一束光遵守折射定律叫做寻常光（o光），另一束光一般不遵守折射定律叫做非寻常光（e光）。o光和e光都是线偏振光（也叫完全偏振光），两者的光矢量的振动方向（在一般使用状态下）互相垂直。改变射向晶体的入射光线的方向可以找到光轴方向，沿着这个方向，o光和e光的传播速度相等，折射率相同。晶体可以有一个或两个光轴，包含光轴和任一光线的平面叫对应于该光线的主平面，o光电矢量的振动方向垂直于o光主平面，e光电矢量的振动方向平行于e光主平面。

第三种是偏振片，它具有梳状长链形结构分子，这些分子平行排列在同一方向上，此时胶膜只允许垂直于排列方向的光振动通过，因而产生线偏振光。它的偏振性能不如格兰棱镜，但优点是价格便宜，且可以得到大面积的。

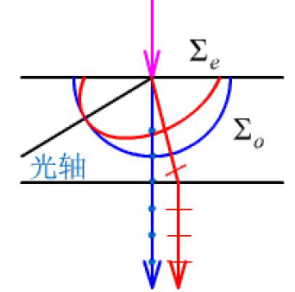


图 2 晶体的双折射

* 1. **测量半导体激光器的偏振度**

以偏振片1为检偏器，测量半导体激光器的偏振度。旋转检偏器找到光强最强的位置，记录角度和光强值Imax。再旋转检偏器找到光强最弱的位置，记录角度和光强值Imin。则激光的偏振度P：。

* 1. **改变光的偏振态的元件——波晶片**

晶片又称相位延迟片。它是从单轴晶体中切割下来的平行平面板（其光轴方向与表面平行），由于波晶片内o光和e光的传播速度、不同（折射率不同），所以造成o光和e光通过波晶片的光程也不同。当两光束通过厚度为d的波晶片后，o光的相位相对于e光延迟量为,若满足，称为1/4波片；若满足，称为1/2波片；若满足，称为全波片（m为整数）。

波晶片可以用来改变光的偏振态，如图3所示，在起偏器后加上一个 1/4波片，旋转起偏器或1/4波片就可以得到椭圆或者圆偏振光。

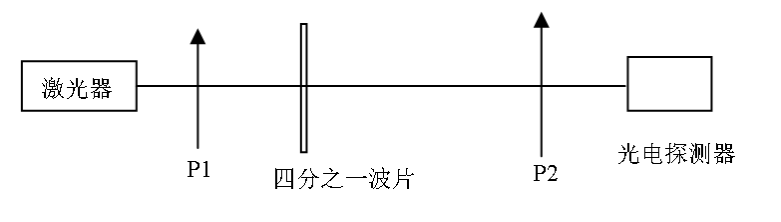


图 3 用1/4波片改变光的偏振态

偏振光的研究从马吕斯定律开始，马吕斯定律也是最基本和最重要的偏振定律。马吕斯定律是指一束光强为的完全线偏振光通过检偏器后的光强可表示为，其中，是检偏器的透振方向和完全线偏振光偏振方向的夹角。

* 1. **用偏振片和1/4波片判断光线偏振状态**

对于偏振状态未知的光源，用偏振片检偏，若有明暗交替变化且有消光则为线偏振光；有明暗交替变化但无消光则为椭圆偏振光或部分偏振光进一步用1/4波片检偏，使快轴与长轴重合，能消光则为椭圆偏振光，否则为部分偏振光；无明暗变化则为圆偏振光或自然光，进一步用1/4波片检偏，能消光为圆偏振光，否则为自然光。

1. **实验仪器**

半导体激光器（波长650nm），硅光电探头，起偏器，检偏器，旋转样品台，光功率计（数字式检流计）。

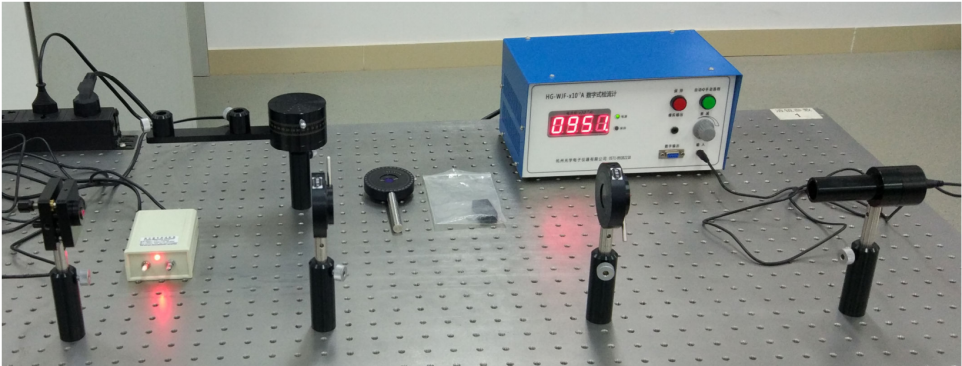


图4 实验仪器实物图

1. **实验记录**

见附件：原始数据

1. **分析与讨论**

**5.1数据处理与误差分析**

* + 1. **计算半导体激光器的偏振度**

偏振度为

* + 1. **验证马吕斯定律**

将实验数据导入origin，得到的关系曲线如下：

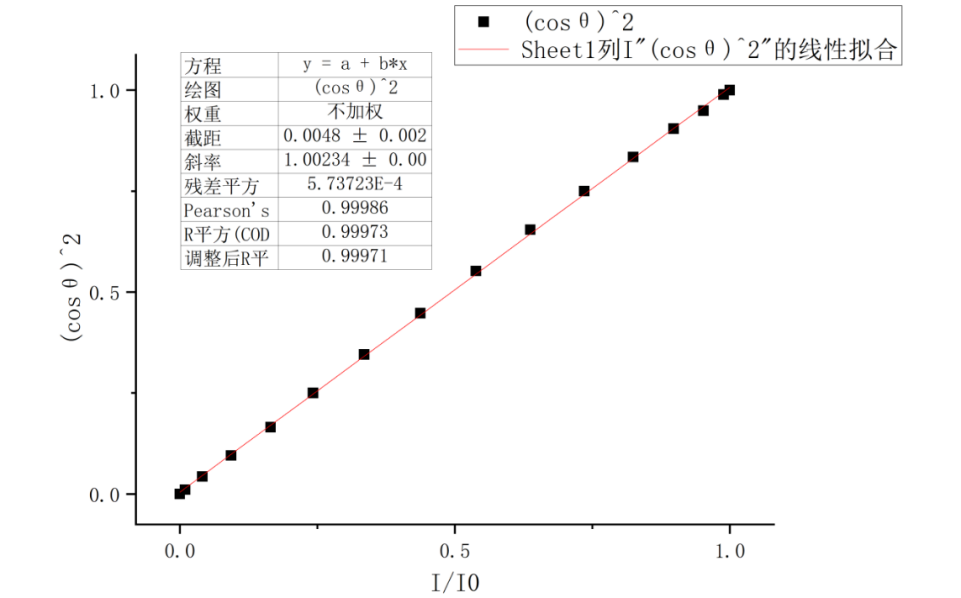


图5 拟合图像

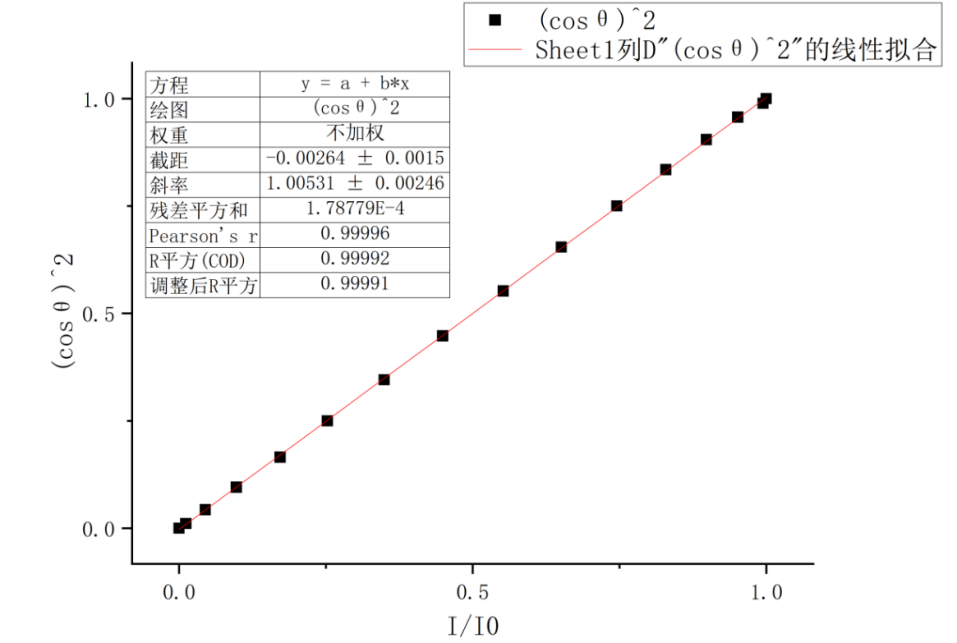


图6 拟合图像

拟合得到关系式为：

且标准差极小，故可认为符合马吕斯定律。

* + 1. **介质折射率计算以及不确定度分析**

1. **测量布儒斯特角方案设计**

**①实验原理**

利用布儒斯特定律，即：通过改变入射角，使得当入射角为一特定值（即布儒斯特角）时，反射光线成为完全线偏振光，折射光线为部分偏振光。此时反射光垂直于折射光。

样品位于布儒斯特角时，反射光线的偏振方向应位于平行载物台的入射平面，但入射光并不含此方向的偏振光线，故此时反射光线将彻底消失。

由此测得入射角（布儒斯特角），并利用，求介质的折射率，并分析不确定度。

**②仪器**：旋转样品台，半导体激光器，起偏器，检偏器，样品介质，硅光电探头，白屏。

**③步骤：**

1. 调节样品台，使光线与镜筒在同一平面上，两镜筒成一条直线时电探头正好接受到光源光线，并记录此时样品台记录盘上的角度。

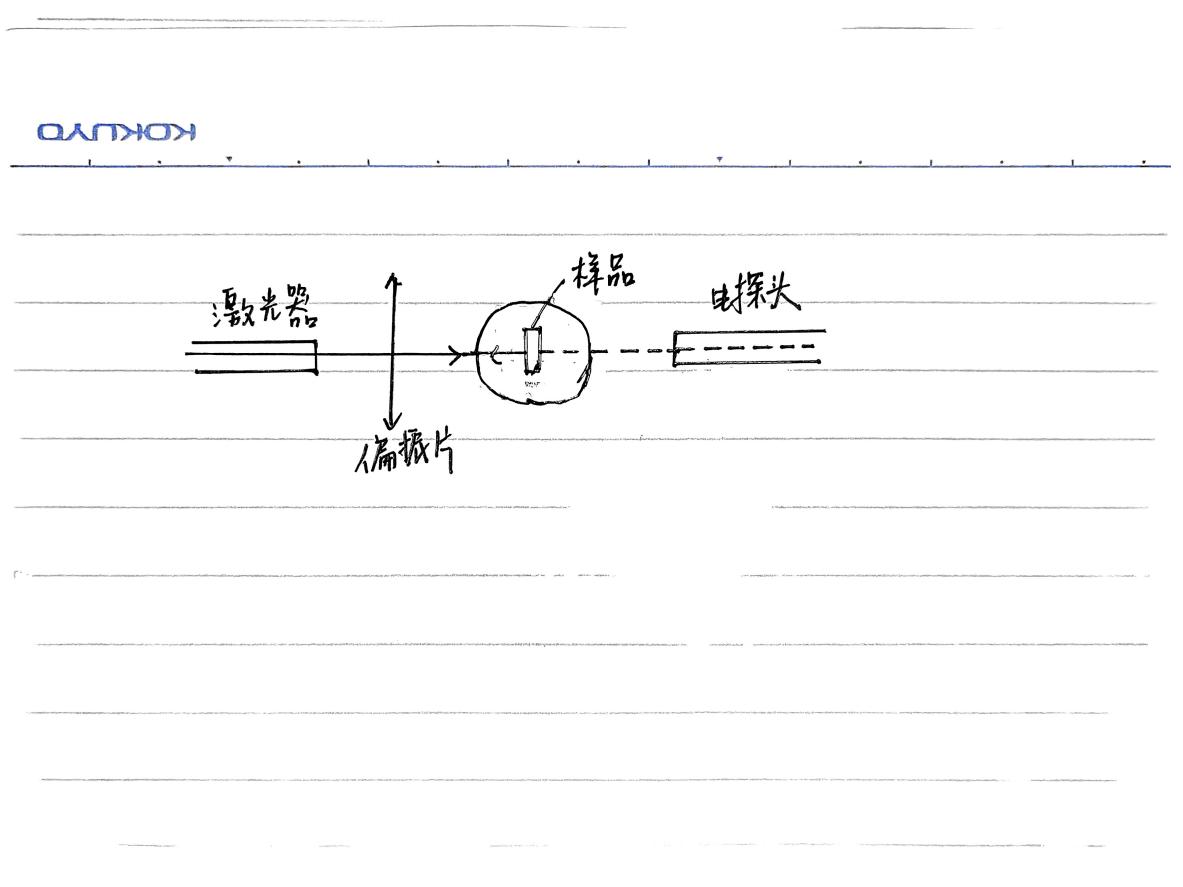


图7 仪器初始光路图

1. 旋转载物台，使之与光源成一定角度，在反射光线方向立一块白屏，见到白屏上呈现出亮点，旋转到亮点亮度最小时，即为反射光强最小时，微调偏振片，使反射光完全消失。
2. 记下反射光彻底消失时的角度。算出，即为布儒斯特角。
3. 重复上述步骤，共测3次。
4. **数据处理**

布儒斯特角平均值：。

标准差，A类不确定度。

本实验中，最小分度值，，故取，则B类不确定度。

则不确定度

（P=0.95）

由不确定度的传递，，则 (P=0.95)

又，故折射率表达式为 (P=0.95)。

**5.1.4 判断液晶屏发出光线的偏振状态**

手机屏幕：部分偏振光

多媒体屏幕：线偏振光

**5.2 实验思考与讨论**

本次实验较为顺利，得到误差较小。经总结主要有以下几个误差来源：

1. 激光器与光电探测器不严格共轴导致偏差。
2. 光的传播存在损耗。
3. 读数误差。
4. 待测样品表面不光洁。
5. 人眼估测的消光点存在偏差。

**6 思考题**

**6.1 如何鉴别部分偏振光和椭圆偏振光？**

答：用1/4波片检偏，使快轴与长轴重合，能消光则为椭圆偏振光，否则为部分偏振光。

**6.2 在摄影的过程中，如果能合理地利用偏振光的原理就可以消除表面反射光的影响，拍摄出效果更佳的照片（见讲义）。请简述如何实现这一拍摄过程。**

答：光线的偏振方向和偏振片的偏振方向垂直时，透射率将会为零；两个方向平行时，则透射率为最大值1，则通过调整偏振片和偏振镜的角度，可以实现消除表面反射光的目的。通过调整偏振片的偏振方向，可以过滤掉特定方向上的光线，从而消除干扰和提高照片的质量。

实际拍摄过程中，需要准备偏振镜和偏振片。拍摄时，先调整偏振镜和偏振片的角度：将偏振镜和偏振片放置在光源和被摄物体之间，然后调整它们的角度，使得它们的偏振方向相互垂直。再设置相机参数：将偏振片放在相机镜头前，并调整相机的曝光参数和焦距等参数，使得能够得到合适的曝光和清晰度。即可消除反射光。

需要注意的是，在使用偏振光进行拍摄时，要避免将偏振镜和偏振片角度设置过于极端，否则可能会导致过度过滤光线而影响照片的亮度和色彩。