

光偏振及应用研究（设计性实验）

【实验背景】

光的偏振性在日常生活和科学研究中应用广泛，如娱乐中逼真的立体电影、自然界中生物偏振导航、科研中磁光隔离技术等等都与光的偏振密切相关。

光是一种电磁横波，电场和磁场振动矢量的叉积（ $\vec{E} \times \vec{H}$ ）方向为光的传播方向，电场强度 \vec{E} 矢量称为光矢量，光矢量振幅的平方 E^2 正比于光的强度。

光的电磁场理论完美地说明了光在反射、折射传播中的偏振特性。如图 1 所示，以 θ_0 、 θ_1 和 θ_2 代表光波的入射角、反射角和折射角，以 E_0 、 E_1 和 E_2 代表入射光、反射光和折射光的光矢量振幅，利用电磁波理论的边值条件，可以得到光在介质界面反射时反射光与入射光场强之比：

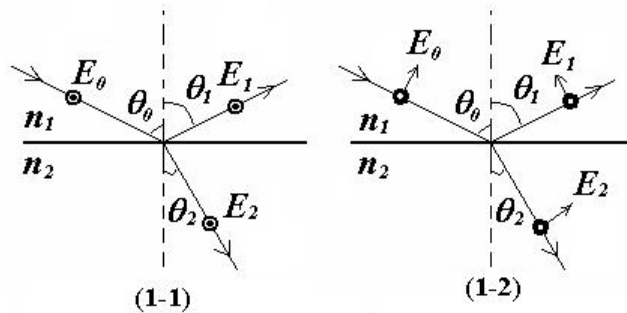


图1：光的反射折射

1、对于光矢量 \vec{E} 垂直于入射面的分量，如图 1-1 所示，有

$$\frac{E_1}{E_0} = -\frac{\sin(\theta_0 - \theta_2)}{\sin(\theta_0 + \theta_2)} \quad (1)$$

2、对于光矢量 \vec{E} 平行于入射面的分量，如图 1-2 所示，有

$$\frac{E_1}{E_0} = \frac{\tan(\theta_0 - \theta_2)}{\tan(\theta_0 + \theta_2)} \quad (2)$$

式 (1)、(2) 称为菲涅耳 (Fresnel) 公式。由公式 (2) 可知，在 $\theta_0 + \theta_2 = 90^\circ$ 的特殊情形下，光矢量 \vec{E} 平行于入射面的分量没有反射，反射光变为垂直于入射面偏振的线偏振光，对应的入射角被称为**布儒斯特角**。

偏振片是一种能使自然光变为线偏振光的人造薄片，对不同方向的光矢量具有选择性的吸收，偏振片能全部吸收某一方向的光矢量振动，而只让与此方向垂直的光矢量振动通过，允许通过的光矢量振动方向称为该偏振片的偏振化方向。当线偏振光垂直入射偏振片时，入射光强 I_0 与出射光强 I 满足马吕斯定律： $I = I_0 \cos^2 \alpha$ ，其中 α 为入射光的光矢量方向与偏振片偏振化方向的夹角。

【实验目的】

1. 设计一种测量不透明物体的折射率的方法
2. 设计研究光电流和入射光强的关系
3. 设计实验，线偏振光入射黑色平板时，测量其反射率

【实验仪器】

- 1、带角坐标的光学工作台 1 个（其中转动平台和转动臂可独立转动和固定，转动臂一侧有读数指针）
- 2、光电池探头 1 只（感光面积为 $10\times 10\text{ (mm}^2\text{)}$ ，大于通光圆孔面积，已固定于光学转动平台的转动臂上）
- 3、光学三维调节支架 1 个（已固定于光学工作台的固定臂上）
- 4、带开关的半导体激光器 1 只
- 5、可转动偏振片 1 只
- 6、万用表 1 只
- 7、用于连接光电池和万用表的连接线两根
- 8、待测黑色镜面平板 1 块
- 9、内六角小板手 1 个（用于调光学工作台水平）
- 10、 手电筒 1 支

光学工作台和偏振片简介如下：

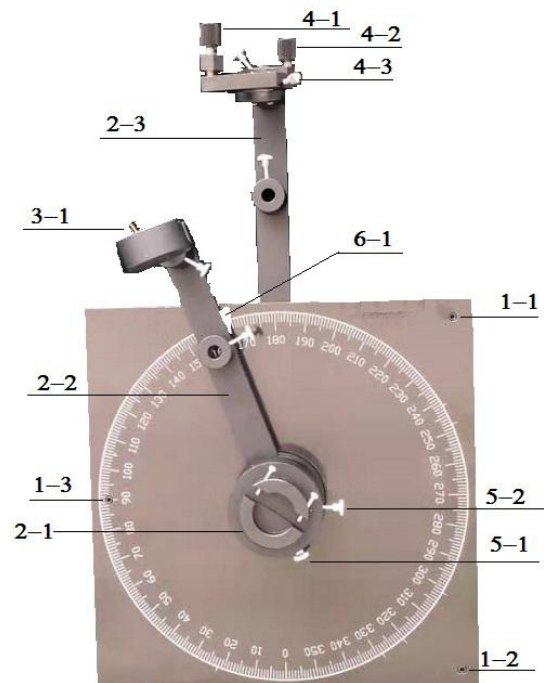
1-1, 1-2, 1-3: 工作台水平调节螺丝
2-1: 转动平台; 2-2: 转动臂; 2-3: 固定臂

3-1: 光电池探头接线端

4-1, 4-2, 4-3: 三维调节和固定旋钮

5-1: 转动臂固定旋钮; 5-2: 转动平台固定旋钮

6-1: 角坐标读数指针



7-1 偏振片

7-2 偏振片指针



【实验原理】

1. 测量折射率的实验原理

自然光以布儒斯特角入射介质表面时，反射光为线偏振光反射光的光矢量振动方向垂直于入射面；当光矢量为平行于入射面的线偏振光以布儒斯特角入射介质表面时，则没有反射现象，反射光强为零；通过光电池对应的光电流可以测定反向光的光强变化，测量出布儒斯特角，然后计算出折射率

2. 研究光电流和光强的关系的实验原理

利用马吕斯定律，通过调整偏振片方向的角位置控制光强的变化，观测光电流大小来研究光电流和光强的相对关系（注意本底）

3. 线偏振光入射黑色平板时，测量其反射率的实验方法

利用实验 2 所得的光电流与光强的关系曲线，测量入射和反射光的相对光电流大小，从而计算出黑色平板的光反射。

【实验内容】

1、测量黑色平板的折射率

(1) 用偏振片可目测验证给定的半导体激光器具有良好偏振性。请设计出测量黑色平板折射率的方案，画出测量原理图，简要写出测量的关键步骤和测量公式，并说明减少系统误差的方法。

(2) (单次测量) 测出黑色平板的布儒斯特角和折射率。

2、实验研究光电池的光电流与入射光强之间的关系。

(1) 测量偏振片的偏振化方向与偏振片指针的夹角，画出测量原理图并简述测量方法，列表记录多次测量的实验数据，并写出结果表达式。

(2) 用万用表测量光电池在不同光强照射时的短路电流（万用表电流档内阻可忽略不计），判定光电流与入射光强的关系。请设计实验方案，列表记录和处理实验数据，作图并判定其关系。

3、线偏振光入射黑色平板时，测量其反射率。

(1) 测量光矢量平行于入射面的线偏振光在黑色平板上的光强反射率与入射角的关系曲线，列表记录实验数据并作图。

(2) 依据测得的反射率曲线，确定该线偏振光垂直入射黑色平板时的光强反射率数值。

【注意事项】

- 1、不可用眼睛直视激光器。
- 2、黑色平板和偏振片表面均为光学表面，不能用手直接触摸。

【思考题】

1. 请简述减小实验误差的方法。
2. 如何调节激光通过转台的中心转轴？
3. 如何调节激光与转台转轴中心轴垂直？