

北京邮电大学

# 物理实验报告

实验名称: 光的偏振

学 院: 信息与通信工程学院

班 级: 2018211128

姓 名: 吴辉强

学 号: 2018213487

任课教师: 王鑫老师

实验日期: 2019.12.20

成 绩: \_\_\_\_\_

北京邮电大学 物理实验中心 印制

## 实验目的

1. 观察光的偏振现象, 加深对光的偏振的基本规律的认识;
2. 熟悉常用的起偏振和检偏振的方法;
3. 了解椭圆偏振光、圆偏振光的产生方法和波片的作用原理。

## 实验仪器名称【型号、主要参数】

光学导轨、偏振片、 $1/2$ 波片、 $1/4$ 波片、光功率计、白屏、半导体激光器(650nm)。

## 实验原理和操作步骤【基本物理思想、设计原理、主要公式及其意义、电路图或光路图等; 操作步骤】

## 实验原理:

1. 自然光与偏振光: 光波是一种电磁波。光波的电矢量 $E$ 和磁矢量 $H$ 的振动方向相互垂直, 且均与波的传播方向 $C$ 相垂直, 故为横波。我们把电矢量 $E$ 称作光矢量, 用电矢量 $E$ 的振动方向代表光波的振动方向。在光传播过程中, 光矢量的振动方向保持在某一确定方向的光称为线偏振光, 若光矢量随时间作有规则的变化, 光矢量的末端在垂直于传播方向的平面上的轨迹呈椭圆或圆, 则分别称为椭圆偏振光或圆偏振光。

设沿同一方向传播的频率相同, 振动方向相互垂直, 并具有固定相位差 $\Delta\varphi$ 的两线偏振光, 其振动分别沿 $x$ 和 $y$ 轴, 其振动方程可分别表示为

$$E_x = A_x \sin \omega t \quad E_y = A_y \sin(\omega t + \Delta\varphi)$$

合振动方程为:  $\frac{E_x^2}{A_x^2} + \frac{E_y^2}{A_y^2} - \frac{2E_x E_y}{A_x A_y} \cos(\Delta\varphi) = \sin^2(\Delta\varphi)$

上式说明, 一般情况下合振动的轨迹在垂直于传播面内呈椭圆偏振光。

当 $\Delta\varphi = k\pi (k=0, \pm 1, \pm 2, \dots)$   $E_x = \pm \frac{A_x}{A_y} E_y$ , 合成结果为线偏振光。

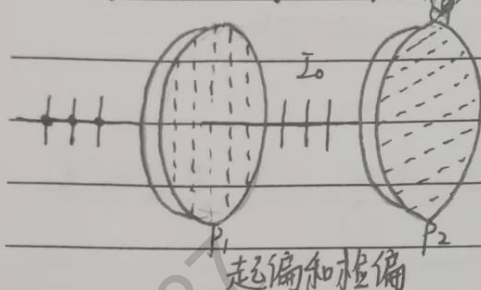
当 $\Delta\varphi = (2k+1)\frac{\pi}{2} (k=0, \pm 1, \pm 2, \dots)$   $\frac{E_x^2}{A_x^2} + \frac{E_y^2}{A_y^2} = 1$  结果为椭圆偏振光,

若 $A_x = A_y$ , 则为圆偏振光。

## 2. 1) 偏振片和马吕斯定律



将自然光变成偏振光的器件称为起偏器,用来检验偏振光的器件称检偏器。某些晶体对两个相互垂直的光矢量振动具有不同的吸收本领,称之为二向色性晶体。当振动方向与晶体光轴平行时,光很少被吸收而能透过晶体。

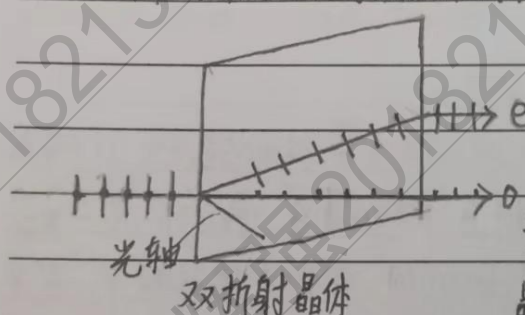


由马吕斯定律:  $I = I_0 \cos^2 \phi$

线偏振光通过检偏器  $P_2$  的透射光强  $I$  随  $\phi$  作周期性变化。

$\phi = 0^\circ, I = I_0$  最大;  $\phi = 90^\circ$ , 消光状态。

## 12) 波片与圆偏光和椭圆偏振光



当一束光射入各向异性晶体时会产生双折射现象,沿光轴方向,传播的光不发生折射。

当振幅为  $A$ , 振动方向与光轴夹角为  $\theta$  的线偏振光垂直入射到厚度为  $d$ , 表面平行于自身光轴的各向异性晶体片上后, 分解为振动方向相互垂直, 同向传播的  $e$  光和  $o$  光。

$$\begin{cases} A_e = A \cos \theta \\ A_o = A \sin \theta \end{cases}$$

$$\Delta L = (n_o - n_e) d, \quad \Delta \phi = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e) d.$$

将这种能使相互垂直的光振动产生一定相差的晶体片叫做波片, 常用的有

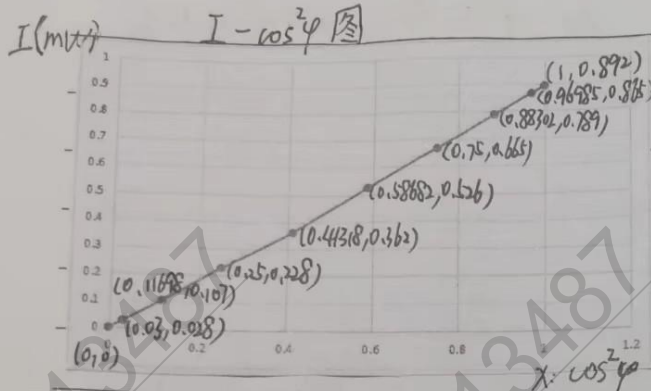
$1/4$  波片、 $1/2$  波片、全波片。

## 实验步骤:

1. 观察自然光源的偏振状态, 并计算其偏振度  $P = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$  以光线方向为轴转动偏振片  $360^\circ$ , 观察光强变化规律。
2. 观测线偏振光的光强变化规律, 验证马吕斯定律。
3. 观测不同偏振态的偏振光的光强分布规律, 作极坐标的相对光强分布图。
4. 观测线偏振光通过  $1/2$  波片后的偏振态 (选作)。
5. 根据光的偏振的相关知识, 自拟操作步骤, 测量三棱镜的布鲁斯特角, 进行折射率等的计算, 并分析总结 (选做)。

实验数据处理与讨论 [实验数据计算、不确定度公式推导与计算、结果表示与讨论等]

### 1. 验证马吕斯定律



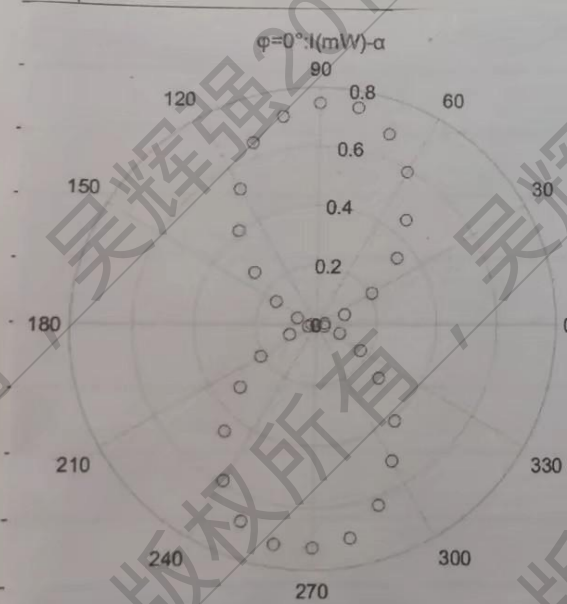
使用 Excel 作  $I - \cos^2 \varphi$  图，  
如图， $I$  与  $\cos^2 \varphi$  呈正比例关系。

$I = I_0 \cos^2 \varphi$ ，从而验证了  
马吕斯定律。

### 2. 观察不同偏振光的光强变化

①

$\varphi = 0^\circ$



使用 MATLAB 作极坐标图。

如图，相对光强分布呈现“8”的  
图形，与理论图形基本吻合。

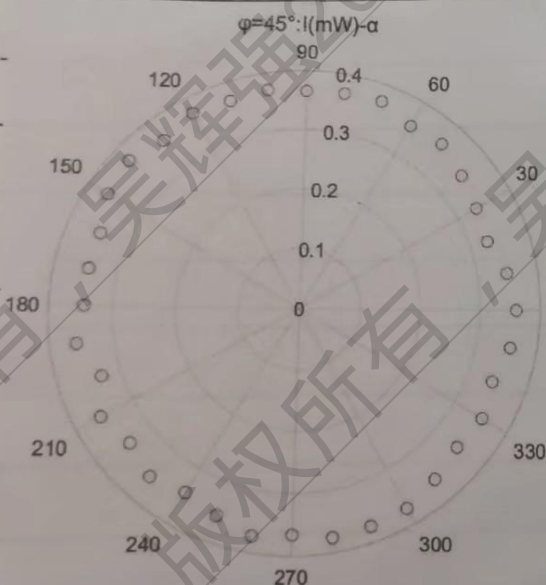
此时为线偏振光。

②  $\varphi = 20^\circ$



相对光强分布呈葫芦形, 说明此时偏振光为椭圆偏振光。但测得的图像有  $20^\circ$  角转向的差距。

③  $\varphi = 45^\circ$  (选做)



相对光强分布接近圆形, 此时, 偏振光接近圆偏振光。

综上, 波片在消光位置, 是线偏振光,

波片转过  $20^\circ$ , 是椭圆偏振光,

波片转过  $45^\circ$ , 是圆偏振光。

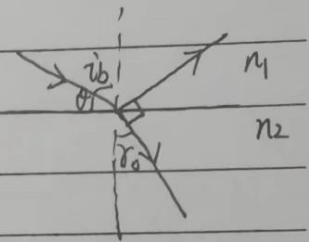


## 回答问题与实验总结

1. 由布儒斯特定律可知:  $\tan i_b = \frac{n_2}{n_1}$  时, 反射光为线偏振光.

$$\therefore \tan i_b = 1.33 \Rightarrow i_b = 53.06^\circ$$

$$\therefore \theta = 36.94^\circ$$



$\therefore$  此时太阳处于地平线的仰角为  $36.94^\circ$ .

2. 取下起偏器  $P_1$  和检偏器  $P_2$ , 让半导体激光直接通过波片, 此时光偏振状态最接近圆偏振光.

在光学转动平台上放置好棱镜, 使玻璃表面穿过转动平台中心。转动平台, 使棱镜表面垂直于入射光 (观察反射光的位置)。记下此时转动平台的位置。再次转动平台, 用转接杆追踪反射光斑, 并观察测量反射光的偏振状态, 了解入射角与偏振态的关系, 找到反射光为完全线偏振光的位置, 此时的入射角为布儒斯特角。

垂直入射时转盘角度:  $\theta_1$ , 反射光变为线偏振光转盘角度:  $\theta_2$ , 两者之差  $|\theta_2 - \theta_1|$ , 即为三棱镜的布儒斯特角。

实验总结: 1. 善于利用相对“0” (测量起点)

2. 了解自然光与偏振光, 偏振光的分类, 获得和检验偏振光的方法。

3. 了解马吕斯定律及布儒斯特角。

任课教师指导意见

## 实验 3.10 光的偏振

姓名 吴辉强 合作者 \_\_\_\_\_ 班级 2018211128 教师 王鑫老师 实验时间 2019.12.20 实验组号 9

## 一、预习要点

1. 自然光和偏振光的区别, 偏振光的分类, 获得与检验偏振光的方法;
2. 光在各向异性媒质 (如双折射晶体) 中的传播时产生双折射的物理原理; 寻常光 (o 光) 与非寻常光 (e 光) 的区别;
3. 偏振片和波片的物理原理和作用。

## 二、实验注意事项

1. 以毛玻璃为观察屏观察光强的变化, 切勿直接迎着激光束看; 也不能透过观察屏迎着激光看;
2. 测量读数前应对功率计进行调节, 在遮光时调节零点, 在最大光强处选择合适的光功率计量程及光探头上的接收孔。

## 三、实验内容

1. 鉴别半导体激光的偏振状态, 测量检偏器后不同透振方向光强的极大和极小值 (移动激光器位置, 使激光直接入射检偏器);
2. 观察线偏振光及验证马吕斯定律, 消光时起偏器与检偏器透振方向的夹角  $\phi = 90^\circ$ ;
3. 观察和测量不同偏振状态的偏振光的相对光强分布规律;

## 四、原始数据表格

1. 观察半导体激光光强  $I$  随起偏器转过的角度的变化

最小光强 0.009 mW 起偏器的角度  $52^\circ$ , 最大光强 1.120 mW 起偏器的角度  $143^\circ$

2. 验证马吕斯定律

保持激光通过起偏器后为最大光强时起偏器的角度, 通过激光功率计测量当起偏器与检偏器的夹角为  $\phi$  时的光强  $I$  (消光处  $\phi = 90^\circ$ )

$\phi (^\circ)$	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
光强 $I$ mW	0.000	0.028	0.107	0.228	0.362	0.526	0.665	0.789	0.865	0.892

3. 观察不同偏振光的光强变化:

保持激光通过起偏器后为最大光强, 检偏器后为消光状态, 在两正交透振方向的偏振片中间加入波片, 转动玻片使检偏器后再次消光, 波片从消光位置转过一定的角度  $\phi$  ( $0^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $45^\circ$ ), 观察检偏器转动  $0^\circ \sim 360^\circ$  光强的变化, 测量各偏振光光强分布 ( $\phi = 45^\circ$  选做, 数据表见下页)。(思考: 消光时波片光轴方向与偏器透振方向是什么关系?)



北京邮电大学物理实验要求及原始数据表格

波片的角度 $\varphi$	0°	20°	45° (选)	波片的角度 $\varphi$	0°	20°	45° (选)
检偏器角度 $\alpha$	功率计读数 I (mW)			检偏器角度 $\alpha$	功率计读数 I (mW)		
0°	0.000	0.146	0.360	180°	0.000	0.134	0.344
10°	0.028	0.211	0.349	190°	0.027	0.217	0.358
20°	0.099	0.282	0.330	200°	0.093	0.287	0.331
30°	0.210	0.378	0.336	210°	0.208	0.399	0.357
40°	0.346	0.477	0.346	220°	0.320	0.474	0.342
50°	0.457	0.568	0.360	230°	0.455	0.569	0.356
60°	0.592	0.606	0.354	240°	0.587	0.596	0.344
70°	0.683	0.657	0.371	250°	0.681	0.633	0.356
80°	0.743	0.637	0.367	260°	0.726	0.649	0.373
90°	0.747	0.589	0.365	270°	0.727	0.590	0.366
100°	0.710	0.530	0.371	280°	0.707	0.533	0.376
110°	0.648	0.438	0.367	290°	0.628	0.437	0.374
120°	0.522	0.352	0.372	300°	0.515	0.341	0.372
130°	0.407	0.246	0.359	310°	0.412	0.244	0.359
140°	0.270	0.171	0.372	320°	0.273	0.157	0.347
150°	0.154	0.111	0.365	330°	0.170	0.103	0.353
160°	0.067	0.083	0.345	340°	0.083	0.082	0.342
170°	0.015	0.093	0.345	350°	0.027	0.094	0.356

教师签字

## 五、数据处理要求

1. 作线偏振光光强  $I$  与  $\cos^2 \phi$  的关系图, 验证马吕斯定律;
2. 用极坐标图作不同偏振状态的偏振光的相对光强分布图, 说明波片在消光位置和转过 20°、45° 时玻片后的光的偏振态。

## 六、思考题

1. 测得一池静水的表面反射出来的太阳光是线偏振光, 求此时太阳处在地平线的仰角是多大 (水的折射率为 1.33)。
2. 如何利用现有仪器和三棱镜, 测量布儒斯特角 (选做)。提示: 半导体激光直接通过波片后的偏振状态最接近圆偏光。