

实验名称 偏振光的观察与研究

姓名 学号 10182 专业班 实验班 组号 教师
陈学谦 张震

成绩 批阅教师签名 批阅日期

实验目的

1. 观察光的偏振现象，加深偏振的基本概念。
2. 了解偏振光的分类以及产生和检验方法，掌握马吕斯定律。
3. 观测布儒斯特角及测定玻璃折射率。
4. 观测椭圆偏振光和圆偏振光。

原理

为了研究光的偏振态和利用光的偏振特性进行各种分析和测量工作，需要各种偏振元件：产生偏振光的元件、改变光的偏振态的元件等，下面分类介绍。

1. 产生偏振光的元件

在激光器发明之前，一般的自然光源产生的光都是非偏振光，因此要产生偏振光都要使用产生偏振光的元件。根据这些元件在实验中的作用，分为起偏器和检偏器。起偏器是将自然光变成线偏振光的元件，检偏器是用于鉴别光的偏振态的元件。在激光器谐振腔中可以利用布儒斯特角使输出的激光束是线偏振光。

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。我们的先人在很早就已经对水平面的反射光有所研究，但定量的研究最早在 1815 年由布儒斯特完成。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，出现了一个特殊的现象，即入射角为一特定值时，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，这种现象称之为布儒斯特定律。该方法是获得线偏振光的方法之一。如图 1 所示。因为此时

$i_0 + \gamma = \frac{\pi}{2}$, $n_1 \sin i_0 = n_2 \sin \gamma$, $\tan i_0 = \frac{\sin i_0}{\cos i_0} = \frac{\sin i_0}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1}$, 若 $n_1=1$ (为空气的折射率), 则

$$n_2 = \tan i_0$$

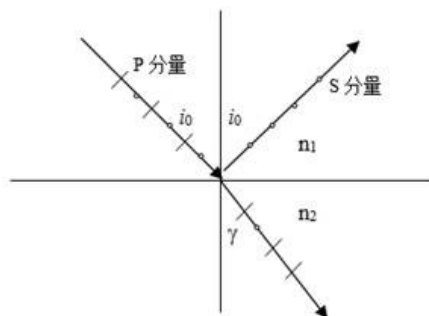


图 1 布儒斯特定律原理图

i_0 叫做布儒斯特角，所以通过测量布儒斯特角的大小可以测量介质的折射率。

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）。

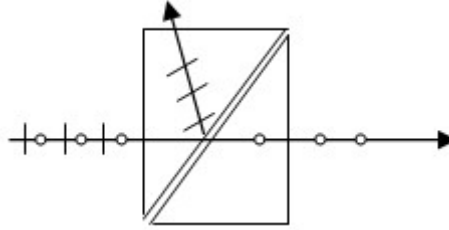


图 2 格兰棱镜起偏、检偏原理

第二种是光学棱镜，如尼科耳棱镜、格兰棱镜等，它是利用晶体的双折射的原理制成的。在晶体中存在一个特殊的方向（光轴方向），当光束沿着这个方向传播时，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。晶体可以有一个光轴，叫做单轴晶体，如方解石、石英，也可以有两个光轴，叫双轴晶体，如云母、硫磺等。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。

格兰棱镜由两块方解石直角棱镜构成，两棱镜间有空气间隙，方解石的光轴平行于棱镜的棱。自然光垂直于界面射入棱镜后分为 o 光和 e 光，o 光在空气隙上全反射，只有 e 光透过棱镜射出。

第三种是偏振片，它是利用聚乙烯醇塑胶膜制成，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，但价格便宜，且可以得到大面积的应用。本实验中采用偏振片作为起偏器和检偏器。

2. 波晶片：

又称位相延迟片，是改变光的偏振态的元件。它是从单轴晶体中切割下来的平行平板，由于波晶片内的速度 v_o, v_e 不同（所以折射率也就不同），所以造成 o 光和 e 光通过波晶片的光程也不同。当两光束通过波晶片后 o 光的位相相对于 e 光延迟量为，

$$\Delta = \frac{2\pi}{\lambda}(n_e - n_o)d$$

若满足 $(n_e - n_o)d = m\lambda \pm \lambda/4$ ，即 $\Delta = 2m\pi \pm \frac{\pi}{2}$ 我们称之为 $\lambda/4$ 片，若满足

$(n_e - n_o)d = m\lambda \pm \lambda/2$ ，即 $\Delta = 2m\pi \pm \pi$ ，我们称之为 $\lambda/2$ 片，若满足

$(n_e - n_o)d = m\lambda \pm \lambda$ ，即 $\Delta = 2m\pi \pm 2\pi$ ，我们称之为全波片（m 为整数）。

波晶片可以用来检验和改变光的偏振态，如图 3 所示，在起偏器后加上一个 $\lambda/4$ 波片，旋转起偏器或 $\lambda/4$ 波片就可以得到圆或者椭圆偏振光。 $\lambda/4$ 波片是椭偏仪中的重要元件，而椭偏仪可以精确测量薄膜的厚度和折射率，是材料科学研究中常用的精密仪器。

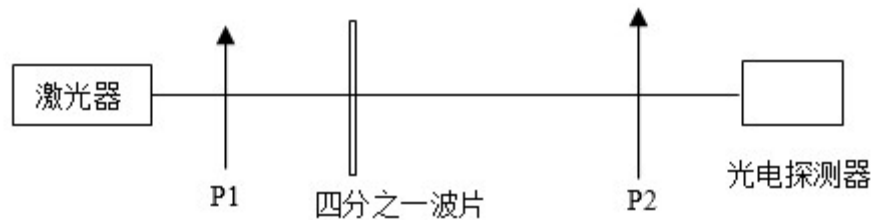


图 3 用 $\lambda/4$ 波片改变光的偏振态

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。马吕斯在 1809 年发现，完全线偏振光通过检偏器后的光强可表示为

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

其中的 θ 是检偏器的偏振方向和起偏器偏振方向的夹角。

3. 光的五种偏振态

自然光是各方向振幅相同的光，对自然光而言，它的振动方向在垂直于光的传播方向的平面内可取所有可能的方向，没有一个方向占有优势。若把所有方向的光振动都分解到相互垂直的两个方向上，则在这两个方向上的振动能量和振幅都相等。线偏振光是在垂直于传播方向的平面内，光矢量只沿一个固定方向振动。部分偏振光可以看作自然光和线偏振光混合而成，即它有某个方向的振幅占优势。圆偏振光和椭圆偏振光是光矢量末端在垂直于传播方向的平面上的轨迹呈圆或椭圆。

仪器

光源（可发出多种类型激光），偏振片，波晶片（ $\lambda/2$ 和 $\lambda/4$ 波长），光屏

操作步骤

1. 主窗口：

打开偏振光观察与研究的仿真实验。默认进入“研究波片对偏振光的影响”实验。

2. 开始实验：研究波片对偏振光的影响

（1）打开激光器

双击桌面上光源小图标，弹出光源的调节窗体，可以单击光源的开关按钮，打开激光器；

主界面(光源打开)

同时可以点击“选择发出光”按钮来选择光源发出光类型，光源默认发出的是“自然光”。

主界面(光源打开选择光类型)

(2) 将波片移回仪器栏。

鼠标移到波片上，按 delete，将波片移回仪器栏。（为方便区别两个偏振片，左侧的称为 A 偏振片，右侧的称为 B 偏振片）

(3) 调节 2 个偏振片正交消光

双击桌面上左侧偏振片，打开偏振片大视图。按左右箭头，调节偏振片角度为任意角度（以 0° 为例）。

双击打开光屏大视图。双击打开右侧偏振片大视图。初始化时偏振片的旋转角度是随机的。

点击 B 偏振片左右箭头，调节偏振片角度，使光屏上光强大小为 0。

(4) 将 $1/4\lambda$ 波晶片移回桌面，拖动 $1/4\lambda$ 波晶片，使 $1/4\lambda$ 波晶片放在偏振片 A 和 B 之间。

(5) 转动波晶片使光屏上光强为零，然后转动 B，观察现象。

双击打开波晶片大视图，点击左右箭头转动波晶片角度。

(6) 将波晶片从消光位置转过 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 75° 、 90° ，每次都 B 转过 360° ，观察实验现象。完成表格。

3. 开始实验：研究波片对偏振光的影响

(1) 打开激光器

参照步骤 2，打开激光器。

主界面(光源打开)

同时可以点击“选择发出光”按钮来选择光源发出光类型，光源默认发出的是“自然光”。

主界面(光源打开选择光类型)

(2) 将波片移回仪器栏。

鼠标移到波片上，按 delete，将波片移回仪器栏。（为方便区别两个偏振片，左侧的称为 A 偏振片，右侧的称为 B 偏振片）

(3) 调节 2 个偏振片正交消光

双击桌面上左侧偏振片，打开偏振片大视图。按左右箭头，调节偏振片角度为任意角度（以 0° 为例）。

双击打开光屏大视图。双击打开右侧偏振片大视图。初始化时偏振片的旋转角度是随机的。

点击 B 偏振片左右箭头，调节偏振片角度，使光屏上光强大小为 0。

(4) 将 $1/2\lambda$ 波晶片移回桌面

拖动 $1/2\lambda$ 波晶片，使 $1/2\lambda$ 波晶片放在偏振片 A 和 B 之间。

(5) 以光线为轴将 $\lambda/2$ 波片转动任意角度，破坏消光现象，再将 B 转动 360° ，观察消光现象。改变 C ($\lambda/2$ 波片) 的慢 (或快) 轴与激光振动方向之间的夹角 θ ，使其分别为 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 75° 、 90° 、 120° ，转动 B 到消光位置 θ' ，记录角度 θ' ，并将记录填入下表

数据记录与处理

1. 列出实验过程中所有测量的数据

	<u>1/4 波片, 30 度</u>	<u>马吕斯定律</u>	<u>1/2 波片, 30 度</u>
<u>检偏器位置</u>	<u>光强 1</u>	<u>光强 2</u>	<u>光强 3</u>
<u>0</u>	<u>31.24</u>	<u>49.98</u>	<u>12.5</u>
<u>10</u>	<u>34.57</u>	<u>48.48</u>	<u>20.65</u>
<u>20</u>	<u>36.74</u>	<u>44.14</u>	<u>29.33</u>
<u>30</u>	<u>37.49</u>	<u>37.49</u>	<u>37.49</u>
<u>40</u>	<u>36.74</u>	<u>29.33</u>	<u>44.14</u>
<u>50</u>	<u>34.57</u>	<u>20.65</u>	<u>48.48</u>
<u>60</u>	<u>31.24</u>	<u>12.5</u>	<u>49.98</u>
<u>70</u>	<u>27.16</u>	<u>5.85</u>	<u>48.48</u>
<u>80</u>	<u>22.82</u>	<u>1.51</u>	<u>44.14</u>
<u>90</u>	<u>18.74</u>	<u>0</u>	<u>37.49</u>
<u>100</u>	<u>15.42</u>	<u>1.51</u>	<u>29.33</u>
<u>110</u>	<u>13.25</u>	<u>5.85</u>	<u>20.65</u>
<u>120</u>	<u>12.5</u>	<u>12.5</u>	<u>12.5</u>
<u>130</u>	<u>13.25</u>	<u>20.65</u>	<u>5.85</u>
<u>140</u>	<u>15.42</u>	<u>29.33</u>	<u>1.51</u>
<u>150</u>	<u>18.74</u>	<u>37.49</u>	<u>0</u>
<u>160</u>	<u>22.82</u>	<u>44.14</u>	<u>1.51</u>
<u>170</u>	<u>27.16</u>	<u>48.48</u>	<u>5.85</u>
<u>180</u>	<u>31.24</u>	<u>49.98</u>	<u>12.5</u>

<u>190</u>	<u>34.57</u>	<u>48.48</u>	<u>20.65</u>
<u>200</u>	<u>36.74</u>	<u>44.14</u>	<u>29.33</u>
<u>210</u>	<u>37.49</u>	<u>37.49</u>	<u>37.49</u>
<u>220</u>	<u>36.74</u>	<u>29.33</u>	<u>44.14</u>
<u>230</u>	<u>34.57</u>	<u>20.65</u>	<u>48.48</u>
<u>240</u>	<u>31.24</u>	<u>12.5</u>	<u>49.98</u>
<u>250</u>	<u>27.16</u>	<u>5.85</u>	<u>48.48</u>
<u>260</u>	<u>22.82</u>	<u>1.51</u>	<u>44.14</u>
<u>270</u>	<u>18.74</u>	<u>0</u>	<u>37.49</u>
<u>280</u>	<u>15.42</u>	<u>1.51</u>	<u>29.33</u>
<u>290</u>	<u>13.25</u>	<u>5.85</u>	<u>20.65</u>
<u>300</u>	<u>12.5</u>	<u>12.5</u>	<u>12.5</u>
<u>310</u>	<u>13.25</u>	<u>20.65</u>	<u>5.85</u>
<u>320</u>	<u>15.42</u>	<u>29.33</u>	<u>1.51</u>
<u>330</u>	<u>18.74</u>	<u>37.49</u>	<u>0</u>
<u>340</u>	<u>22.82</u>	<u>44.14</u>	<u>1.51</u>
<u>350</u>	<u>27.16</u>	<u>48.48</u>	<u>5.85</u>
<u>360</u>	<u>31.24</u>	<u>49.98</u>	<u>12.5</u>

2. 1/4 玻片对偏振的影响

0° : 线偏振光

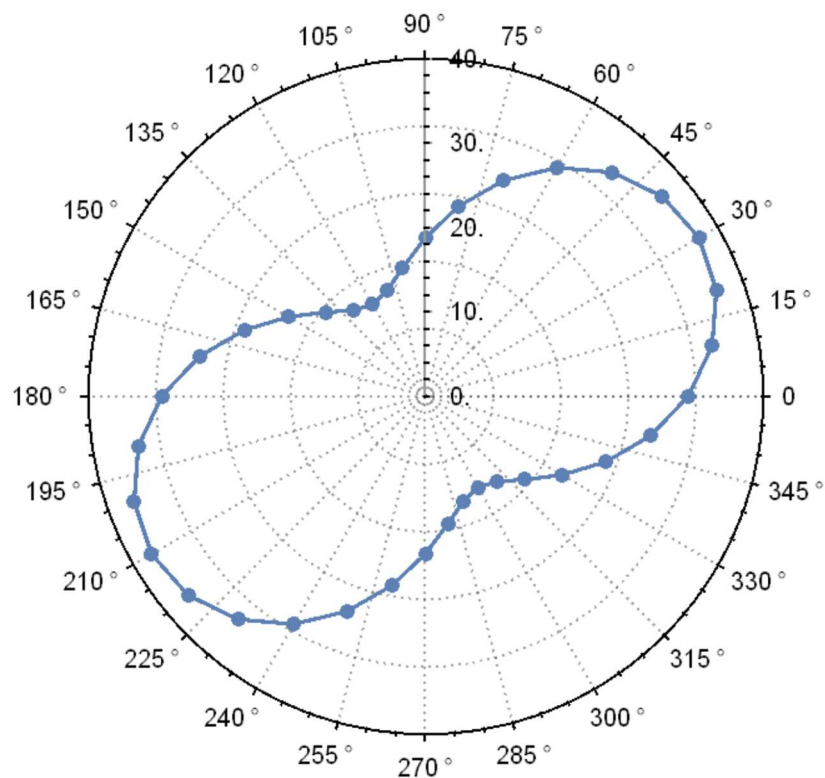
30: 椭圆偏振光

45: 圆偏振光

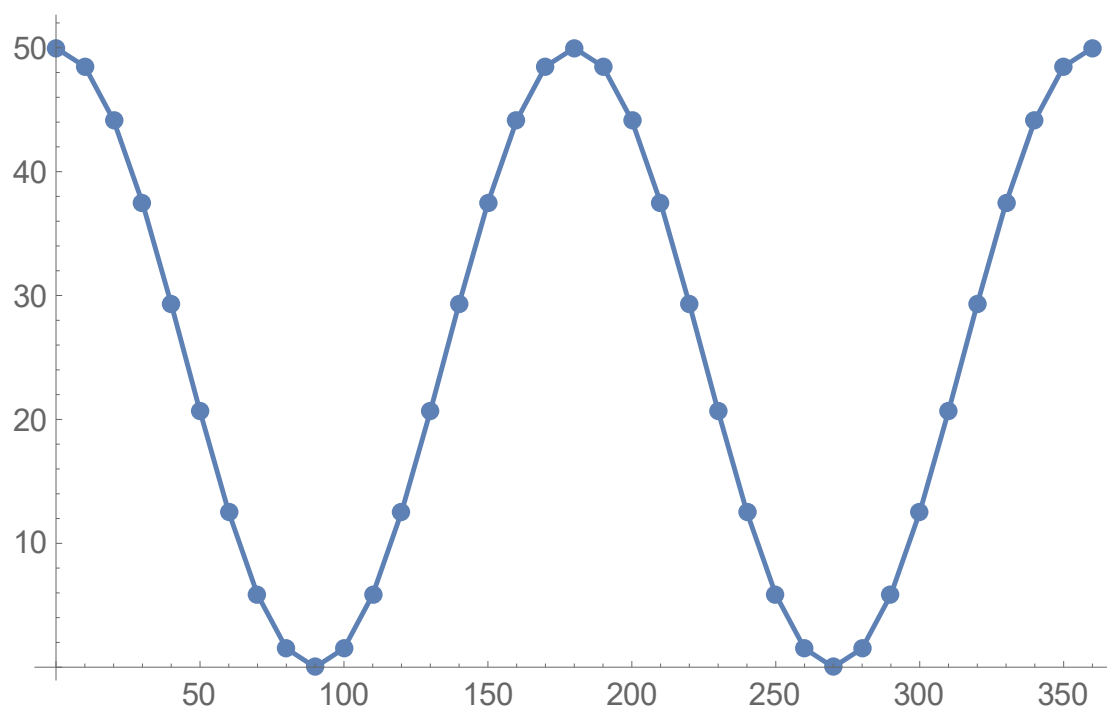
60: 椭圆偏振光

90: 线偏振光

3. 作出 1/4 波片偏离快/慢轴 30 度时，旋转检偏器一周出射光强的变化.



4. 验证马吕斯定律，作出旋转检偏器一周，偏振光强的变化曲线.



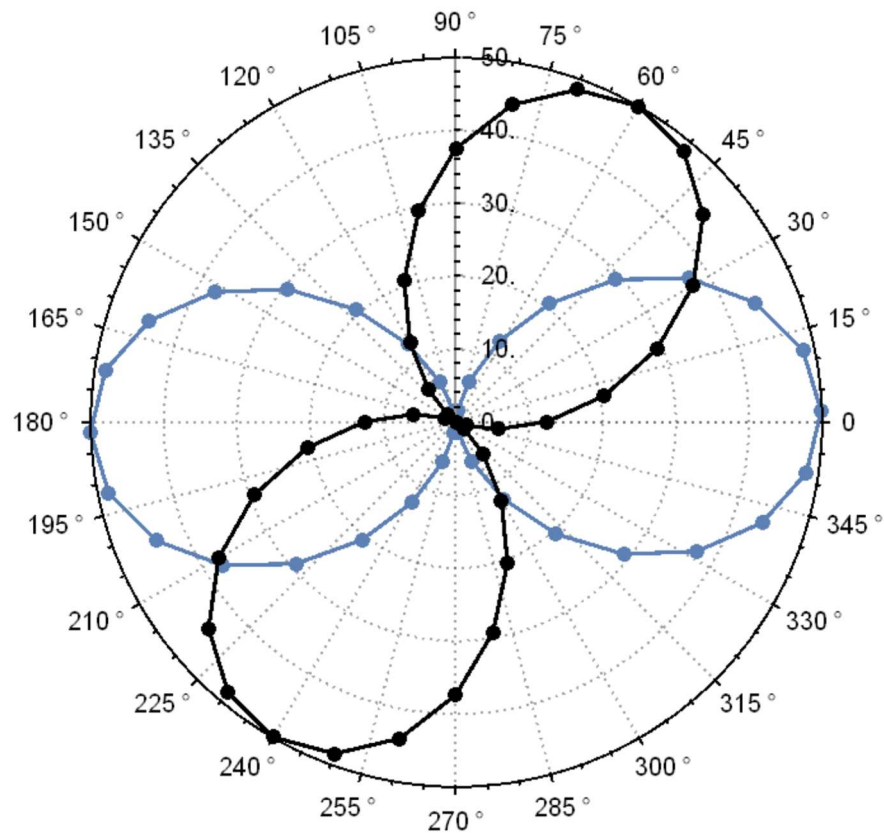
4. 列表记录半波片对偏振光的影响，并对结果进行分析讨论；

与偏振片 A 的方向的夹角	15	30	45	60	75	90	120
消光位置 θ	120	150	0	30	60	90	150
波片后振动方向转过的角度	30	60	90	120	150	0	60

可以发现，半波片让振动方向转了 90°

5. 极坐标作图，图示半波片偏离慢/快轴 0 度和 30 度后，旋转检偏器一周，偏振光强的变化曲线（2 条曲线作在同一幅图上），分析讨论二者的区别。

蓝色 30 度，黑色是 0 度



区别是，黑色比蓝色的线偏离了 60 度。