

物理实验



## 光电转换器的性能对偏振实验结果的影响\*

李香莲 杨明

(华中科技大学物理学院 湖北 武汉 430074)

(收稿日期:2017-11-28)

**摘要:**偏振实验是大学物理实验中一个非常重要的光学实验,偏振实验的结果容易受到所使用光学器件性能的影响.主要探讨了光电转换器的性能对马吕斯定律验证、以及椭圆偏振光光强测量实验结果的影响.

**关键词:**偏振实验 光电转换器 马吕斯定律 椭圆偏振光的光强

偏振实验是理工院校大学物理实验室中一个常见而又重要的光学实验<sup>[1~3]</sup>.其中涉及的内容如马吕斯定律的验证、椭圆偏振光光强的测量等等,从原理上来看既简单又直观,仪器也大都是散装式的.因此,偏振实验是锻炼学生动手能力的不可多得的好实验.然而,和其他许多光学实验一样,偏振实验对各光学器件的要求很高,如果仪器有缺陷,就会得到各种“不理想”的实验数据.

本文试图就光电探测器的性能对偏振实验结果的影响,进行深入的探讨.

### 1 偏振实验简介及其存在的问题

图1是具有代表性的偏振实验装置图.验证马吕斯定律时去掉波片,观测圆偏振光及椭圆偏振光时则加上 $\frac{1}{4}$ 波片.如果将 $\frac{1}{4}$ 波片换为半波片,又可观测线偏振光通过半波片后偏振方向的变化规律.

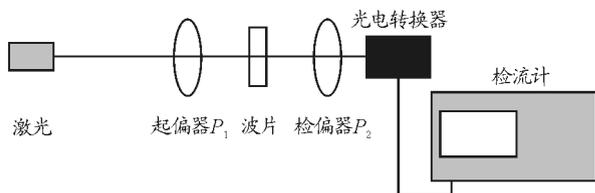


图1 偏振实验装置示意图

关于偏振实验的实验结果,笔者和兄弟院校从

事大学物理实验教学的教师进行过交流,大家普遍反映实验结果或多或少存在一些不理想的地方.比如验证马吕斯定律的内容中所得到的实验图形线性不理想、圆偏振光的光强并非在各方向都相等、椭圆偏振光的光强分布也和理论结果有偏差等.究其原因,除了光路调节中存在偏差外,仪器问题是很重要的因素,比如偏振片的起偏效果、波片所对应的波长与光源波长不一致、以及光电转换器的性能等.后者,也即光电转换器的性能对偏振实验结果的影响,正是本文要探究的问题.

在偏振实验中,不管是哪个实验内容,最终都是通过测量光强来获得相应物理规律的.通常而言,光强是通过光电转换器,利用光电效应的物理过程而测得电流.也就是说,我们是通过检流计上显示的电流来获得相对光强的信息.这里暗含着一个前提条件,那就是光电转换器接收到的光强与它产生的电流成线性关系.然而实际上,对任何光电转换器来说,这种线性关系都只是在一定的光强范围内近似成立.好一点的光电转换器可能在较大的光强范围,保持着更加良好的线性关系,而差一点的光电转换器则可能仅在较小的光强范围保持线性关系.笔者所在实验室所使用的光电转换器,正是属于线性区间相对较小的类型,因此,学生选择大小不同的光强

\* 华中科技大学实验技术研究项目.

进行实验时,所得结果和理论结果之间的偏差就可能明显不同.本文拟就马吕斯定律的验证以及椭圆偏振光光强测量的实验内容,探讨光电探测器对实验结果的影响.

## 2 在不同入射光强下验证马吕斯定律

在这一实验内容中,学生需要先调节检偏器  $P_2$ ,使其透光方向垂直于起偏器  $P_1$  的透光方向,然后依次将检偏器的透光方向旋转  $10^\circ$ ,测量两偏振片透光方向夹角  $\theta$  分别为  $90^\circ, 80^\circ, \dots, 0$  时的光电流,并在直角坐标中画出  $I - \cos^2\theta$  图.理论上,根据马吕斯定律,  $I - \cos^2\theta$  图应该是一条过原点的直线,但实际上学生画出来的图像很多并不是完美的直线,而是如图 2 所示的曲线.

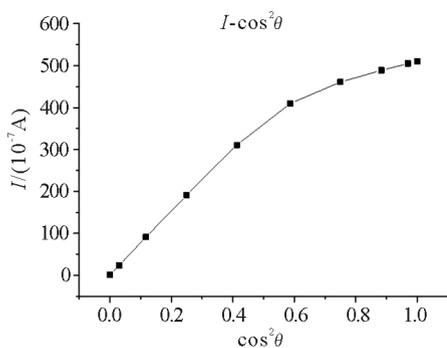


图 2 通过两偏振片后的光强与两偏振片透光方向夹角之余弦平方的关系

我们猜测光电探测器在进行光电转换时存在非线性的因素.为了分析不同大小的光强下,  $I - \cos^2\theta$  图形的变化趋势,并且为了便于操作以及和椭圆偏振光光强测量进行对比分析,我们在光源与起偏器  $P_1$  之间加入另一个偏振片  $P_0$ ,如图 3 所示,用以改变光强.

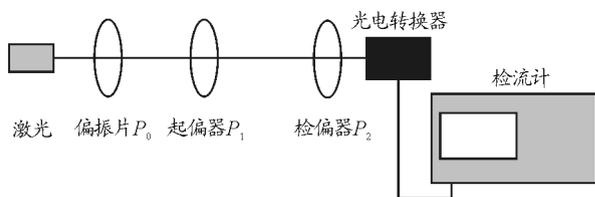


图 3 在不同光强下验证马吕斯定律的实验装置

我们测量了光强由强到弱依次为光强 A,光强 B,光强 C,光强 D,光强 E,光强 F 时,光强  $I$  随  $\theta$  变

化的数据,并作出了各不同光强下的  $I - \cos^2\theta$  曲线,如图 4 所示.从图 4 中可以看出,当光强比较强时,  $I - \cos^2\theta$  曲线明显偏离线性关系(光强 A, B 下的曲线即如此),随着光强变弱,曲线逐渐变成直线(光强 D, E, F 下的图像基本上都是直线).因此,光强较强时,测得的数据明显失真,如果在这种光强下测量椭圆偏振光的光强分布,得到的必然也会是失真的结果.

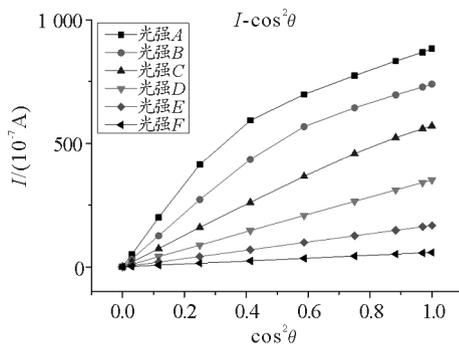


图 4 在入射光强为不同强度时,通过两偏振片后的光强与两偏振片透光方向夹角之余弦平方的关系

## 3 在不同入射光强下测量椭圆偏振光光强

实验装置如图 5 所示.

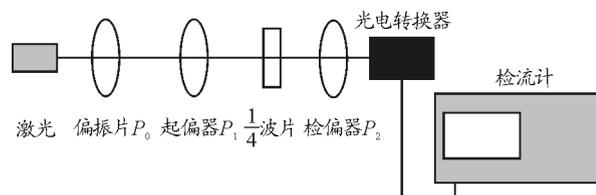


图 5 在不同光强下测量椭圆偏振光光强的实验装置

其中的  $P_0$  也是用来控制入射光强的,为了便于和验证马吕斯定律的实验结果进行对比,我们选择同样大小的光强 A,光强 B,光强 C,光强 D,光强 E,光强 F.理论上,如果  $\frac{1}{4}$  波片的光轴方向与起偏器  $P_1$  透光方向之间的夹角为  $0, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ$  等等之外的角度,则从  $\frac{1}{4}$  波片出射的光为椭圆偏振光.

这里,我们将上述夹角选为  $30^\circ$ ,并将检偏器  $P_2$  转到不同的角度时测得的光强在极坐标图中画出来,如图 6 所示.

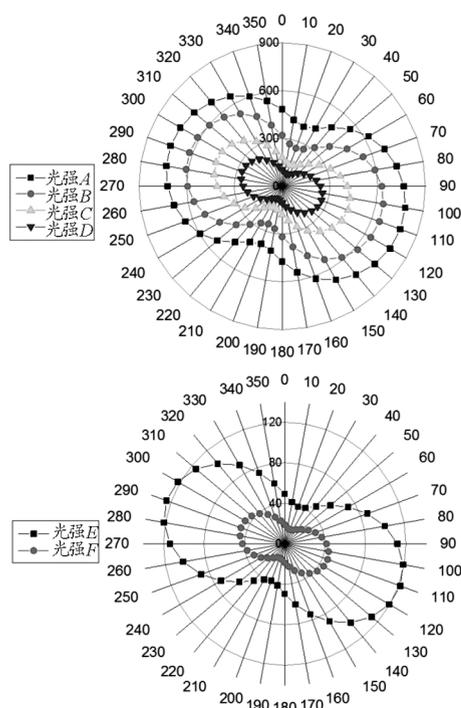


图6 在不同入射光强下测得的椭圆偏振光光强分布曲线

从图6可以看出,虽然各不同入射光强下的椭圆偏振光光强分布曲线形状都和理论上的花生壳形状一致,但仔细分析则可以发现,不同“花生壳”的长短轴之比(即最强光强和最弱光强之比)是不太一样的:从光强A到光强F这一比值依次为1.992, 2.563, 3.115, 3.186, 3.253, 3.222. 由此可知,在光强A和B下,由于光电转换器工作在非线性区域(参

考图4),得到的椭圆偏振光光强分布曲线失真明显,而光强C接近光电转换器的线性区域,所以相应的椭圆偏振光光强分布曲线也趋向于真实曲线,到光强D,E,F,光电转换器基本上工作在线性区域,所以相应的椭圆偏振光光强分布曲线也基本上是真实的,最强光强和最弱光强之比也基本上稳定下来.至于这一光强比和理论上的比值( $\cot^2 30^\circ = 3$ )存在偏差,那应该归于其他因素,比如波片本身在厚度等方面的偏差、以及与光源波长的匹配等等.

#### 4 结论

综上所述,在偏振实验中,光电转换器是值得关注的因素.我们要么配备性能优良的光电转换器,以致它的线性工作区覆盖我们的光强调节范围;要么要求学生把光强控制在较小的范围,使它处于所使用光电转换器的线性区域;要么引导学生自己去分析、控制光强的大小.

#### 参考文献

- 1 杨晓雪,等.大学物理.武汉:华中科技大学出版社,2010
- 2 熊永红,等.大学物理实验(第一册).北京:科学出版社,2007
- 3 任忠明,等.大学物理实验(第二册).北京:科学出版社,2007

## Impacts of the Photoelectric Converter Performances on the Polarization Experiment Results

Li Xianglian Yang Ming

(School of Physics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430074)

**Abstract:** The experiment of polarized light is a very important optical experiment for college students. The results of the experiment can be easily influenced by the performances of the devices. The focus of this paper is about the impacts of the performance of the photodetector on testing the law of Marius and on measuring the intensity of elliptically polarized light.

**Key words:** the experiment of polarized light; photodetector; the law of Marius; the intensity of elliptically polarized light