

光的偏振特性研究

赵航, 郝彦军, 朱俊, 梁小冲, 于白茹, 李伟, 李紫源, 饶大庆, 邹旭敏, 穆万军

(四川大学物理科学与技术学院, 成都 610064)

摘要: 文中介绍了偏振光的特性及相关原理。利用偏振片产生偏振光并测量了光功率, 利用得到的实验数据拟合了一个关于偏振片的旋转角度与光功率的经验公式。将经验公式与理论公式相对照, 从一个新的角度验证了光马吕斯定律的正确性。

关键词: 偏振光; 光功率; 经验公式; 理论公式; 马吕斯定律

中图分类号: TQ452 **文献标志码:** A **doi:** 10. 3969/j. issn. 1672 - 4550. 2015. 06. 001

Research on Feature of Polarized Light

ZHAO Hang, HAO Yanjun, ZHU Jun, LIANG Xiaochong, YU Bairu, LI Wei,

LI Ziyuan, RAO Daqing, ZOU Xumin, MU Wanjun

(College of Physical Science and Technology, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

Abstract: The features of polarized light are introduced in this paper as well as the experiment process of detecting these features. In the experiment, polaroids are used to create polarized light and the power of light is metered. Then according to the statistics collected in the experiment and fitted by sinusoid, a empirical formula is found. Finally, this formula is compared with the theoretical formula to testify the Malus law from a new aspect.

Key words: polarized light; lumious power; empirical formula; theoretical formula; Malus law

光的本质一直以来是最为神秘、最为引人入胜的课题。近代以来人们已认识到光既具有粒子性也具有波动性, 但是对光的实质是什么, 学术界至今没有定论。对光波动性的探索和对光波动性性质的了解却使光被广泛用于工程实践中。光的偏振特性是光波动性中很重要也很特殊的一个性质。光的偏振有别于反射和折射, 人的感官不能直接感觉到它的存在。1808年, 法国物理学家马吕斯(Malus)研究发现, 折射的两束光在两个相互垂直的平面上偏振, 从此证明了光的横波性, 同时也打开了一个新的研究领域。此后, 又有布儒斯特(Brewster)定律和色偏振等一些新发现。本文不仅验证了马吕斯的偏振定律, 而且进一步研究了一些人造偏振片的性质^[1]。人们利用偏振光的这些性质于立体电影、晶体性质研究学、光学计量、光弹、薄膜、光通信实

验应力分析等领域, 并取得了很好的效果。

1 实验原理

自然光经过偏振片, 其透射光基本上变为线偏振光。这种偏振片既可作为光的起偏器, 又可作为光的检偏器, 它能够吸收某一振动方向的光而透过与此垂直方向振动的光。偏振器可以透过光振动的方向, 称为透振方向。

马吕斯定律定量描述了线偏振光经过偏振器(检偏器)前后的强度关系: 当入射到检偏器的线偏振光光强度为 I_1 , 经过检偏器后的出射光强度为 I_2 , 若入射线偏振光的振动方向和检偏器透振方向夹角为 α , 则有

$$I_2 = I_1 \cos^2 \alpha \tag{1}$$

由式(1)可知, 当 $\alpha = 0、\pi$, 即入射和出射光振动方向平行时, $I_2 = I_1$, 光强不变; 而当 $\alpha = \frac{\pi}{2}、\frac{3\pi}{2}$, 即入射和出射光振动方向垂直时, $I_2 = 0$, 即出射光“消光”。

检偏器可用于检验光波在各不同振动方向的强度分量: 旋转检偏器, 改变其透振方向, 可以观察到出射光线的强度变化^[2]。

收稿日期: 2014 - 08 - 09

基金项目: 四川大学新世纪教改项目第六期(SCUY044)。

作者简介: 赵航(1992 -), 男, 本科在读, 专业方向为电子信息工程。

通信作者: 梁小冲(1986 -), 男, 硕士, 实验师, 主要从事大学物理实验教学与研究工作。

2 实验方案与操作

1) 在光学平台上, 将激光器、偏振架 1(起偏器)、偏振架 2(检偏器)、功率指示计光探头依次排列, 如图 1 所示。

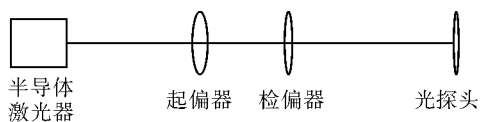


图 1 光路图

2) 将激光器、功率指示计光探头分别与功率指示计相连。打开功率指示计电源, 激光输出。

3) 调整激光指向和各架子的高度, 使激光从两个偏振片的中心通过, 进入功率指示计探头。

4) 以 30° 为间隔旋转检偏器, 记录偏振片旋转角度与光功率的变化。研究中的原始记录见表 1, 根据表 1 绘制的角度与功率关系曲线如图 2 所示。

表 1 偏振片旋转角度与光功率关系表

偏振片 旋转角度/ $(^\circ)$	光功率/ mW	偏振片 旋转角度/ $(^\circ)$	光功率/ mW
0	0.063	210	0.338
30	0.321	240	0.587
60	0.573	250	0.539
73	0.631	270	0.624
90	0.562	300	0.279
120	0.281	330	0.031
150	0.029	343	0.002
162	0.001	360	0.058

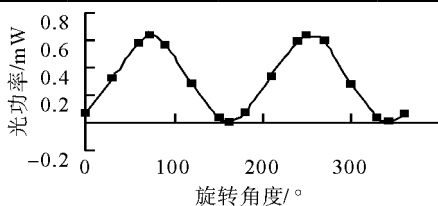


图 2 偏振片旋转角度与光功率关系图

3 实验结果与误差分析

3.1 实验结果

图 2 中, 横坐标表示实验中检偏器旋转的角度 θ , 纵坐标表示与之对应的光功率。由于此实验旨在验证马吕斯定律, 故我们直接尝试使用正弦函数拟合上述图像与数据。从图 2 可以看出, 偏振器旋转角度 (θ) 与光功率 (I) 的关系近似满足正弦类函数。

用三角函数的表达式来描述图 2。通过标识所列两个极小值点 ($162, 0.001$) 和 ($343, 0.002$) 以

及极大值点 ($270, 0.624$), 我们可以得到: 该三角函数的周期为 $T = 343^\circ - 162^\circ \approx \pi$; 角频率为 $\omega = 2\pi/T = 2$; 初相可由峰值得到 $\varphi = 0.41\pi$ 。

最终表达式为:

$$I = 0.31\cos(2\theta + 0.41\pi) + 0.32 \quad (2)$$

马吕斯定律的理论表达式为:

$$I_2 = I_1 \cos^2 a \quad (3)$$

经过变换得:

$$I_2 = I_1 \cos^2 \theta = I_1 \frac{1 + \cos 2\theta}{2} \quad (4)$$

代入 I_1 以及相关参数可知:

$$I = 0.31\cos(2\theta + 0.41\pi) + 0.31 \quad (5)$$

3.2 误差分析

从上面的结果可以看出, 根据实验数据拟合的表达式与马吕斯定律理论表达式基本吻合: 实验拟合表达式的常数项为 0.32, 比理论式多出 0.01。就可能产生这一误差的原因分析如下。

1) 偏振片并不是理想的偏振片, 光线通过偏振片后能量在个别方向上有残留, 无法完全消光。

2) 由理论可知, 消光状态只在 $\theta = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}$ 这两个瞬间。而实际测量时, 这两个瞬间可能由于手动调整(不连续)无法达到而导致消光情况无法达到。

3) 光功率计电路内部产生的误差。

4) 由于实验是在白天明亮的环境下进行的, 所以可能会有一部分自然光通过偏振片进入光功率计中, 甚至自然光可以直射进入光功率计中。

5) 实验需要将光源、两个偏振片的中心以及光探头处于同一水平线上, 但是实验室及操作过程中很难精确把握光线垂直穿过偏振片的中心。所以很可能由于入射光入射角度、入射点的偏差导致误差的产生。

4 结束语

利用并分析实验得出的实验数据, 最终拟合成一个关于旋转角度与光功率的经验公式, 并与理论公式进行对照, 实验误差在允许范围内, 从而验证了马吕斯定律。

参考文献

- [1] 徐弼军, 沈泳. 椭圆偏振光的定量测量研究[J]. 物理实验, 2013, 33(7): 30-34.
- [2] 杨述武. 普通物理实验[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007: 70-80.