

部分偏振激光散斑光强的统计特性

王迺权 鄂云 张洪钧

(中国科学院物理研究所)

提要: 用液晶作为偏振调制器来改变光波的偏振度, 形成部分偏振激光散斑图, 进而研究部分偏振激光散斑光强的统计特性。

Statistical properties of intensity of partially polarized laser speckle pattern

Wang Naiquan, E Yun, Zhang Hongjun

(Institute of Physics, Academic Sinica)

Abstract: A liquid crystal is used as polarized modulator to change the polarizability of optical wave and form the partially polarized laser speckle pattern and the statistical properties of the intensity of partially polarized laser speckle pattern are studied.

一、引言

关于在不同偏振度时光强的概率密度函数许多人进行了理论研究^[1,2,6], 但是在这方面的实验研究至今未见报导。我们利用扭曲向列液晶盒作为偏振调制器, 得到了部分偏振激光散斑, 并测量了散斑光强的统计特性。

二、偏振度 \mathcal{P} 的测量

实验中使用了厚度为5微米的向列液晶盒, 表面经垂直平行/横向平行 90° 扭曲处理。

为了测定不同电压下液晶盒的偏振度, 令 I_1 为 $0^\circ/90^\circ$ 正交偏振器下光强随电压的变化量, I_2 为 $0^\circ/0^\circ$ 平行偏振器下光强随电

压的变化量。由偏振度定义^[3,4]

$$\mathcal{P} = \frac{I_{pol}}{I_{tot}} = \left| \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2} \right|$$

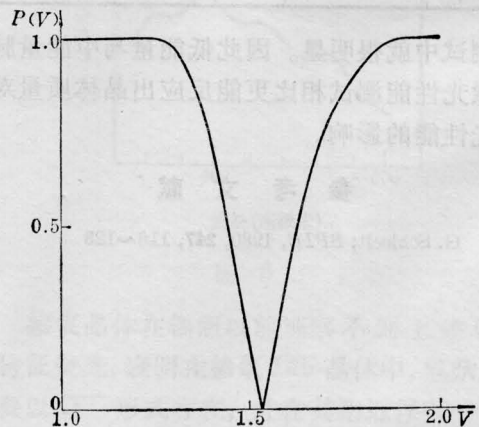


图1 在液晶场致双折射效应下透射光的 $\mathcal{P}(V)$ 曲线

收稿日期: 1982年8月2日。

得到图 1 的 $\mathcal{P}(V)$ 曲线。从曲线可见在 $V_{th} < V < V_s$ 区域为 $0 < \mathcal{F} < 1$ 的部分偏振光, 其中 $I_1 = I_2$ 时为 $\mathcal{P} = 0$ 的非偏振光, 而在此区域外是 $\mathcal{P} = 1$ 的线偏振光。

三、部分偏振激光散斑光强的统计实验

1. 实验

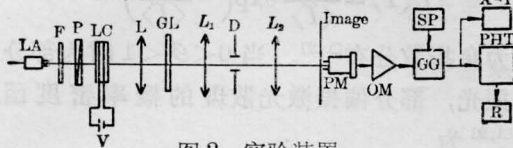


图 2 实验装置

LA—He-Ne 激光器; F—中性滤光片; P—起偏器; LC—液晶盒; V—偏压; L—准直系统; GL—毛玻璃; L_1 、 L_2 —光学系统; D—光阑; PM—光电倍增管; OM—放大器; GG—门发生器; SP—脉冲信号发生器; PHT—512 道脉冲幅度分析器; X-Y—记录仪; R—打印机

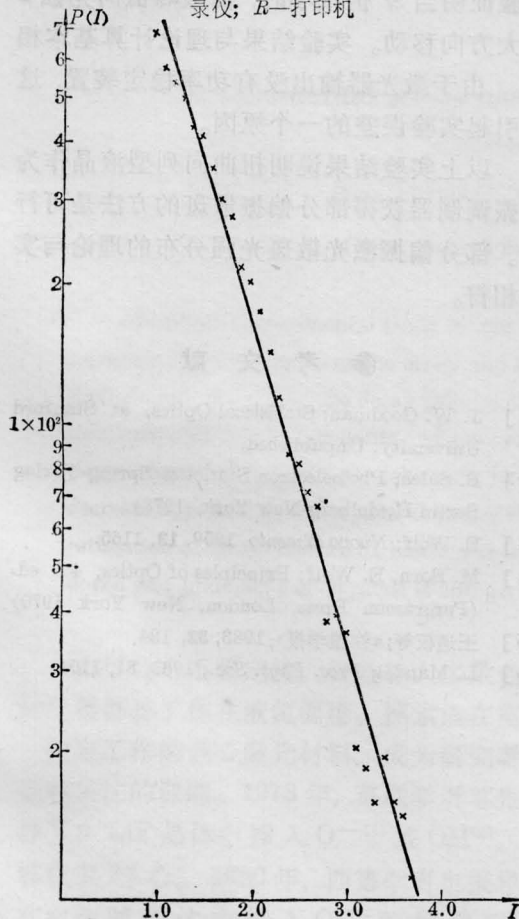


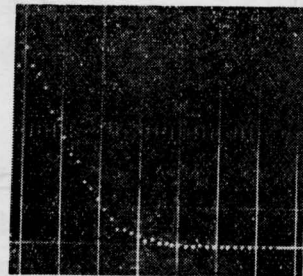
图 3 在 $\mathcal{P} = 1$ 时, 激光散斑光强的概率密度函数

实验装置如图 2 所示。

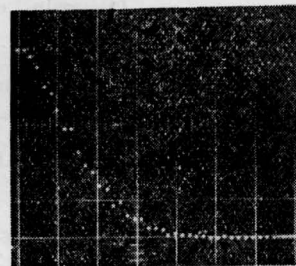
从 He-Ne 激光器发出的线偏振光通过加一外电场的液晶盒, 透射光成为部分偏振光。再经准直照射在毛玻璃上, 在象面处形成部分偏振激光散斑图。经针孔(直径 $d = 5$ 微米)^[5]、光电倍增管、512 道脉冲幅度分析器测量此散斑光强的概率密度函数。

在实验测量中必须保持激光器输出功率稳定。为了检验测量系统, 首先检测 $\mathcal{P} = 1$ 时散斑光强的概率密度函数是否为严格的负指数分布^[1,2], 检验结果如图 3, 在半对数坐标下为直线, 说明实验条件符合要求。

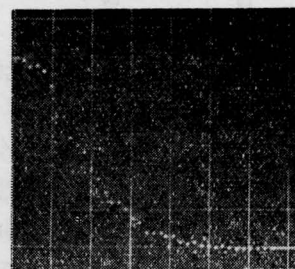
然后测量液晶盒上直流偏压分别为 $V = 0.9, 1.4, 1.45$ 伏(相应于 $\mathcal{P} = 1, 0.7, 0.42$)



(a) $\mathcal{P} = 1 (V = 0.9 \text{ 伏})$



(b) $\mathcal{P} = 0.7 (V = 1.4 \text{ 伏})$



(c) $\mathcal{P} = 0.42 (V = 1.45 \text{ 伏})$

图 4 几种偏振度 \mathcal{P} 时的激光散斑光强的概率密度函数

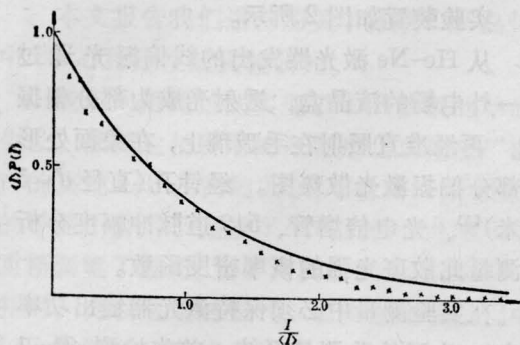


图5 在 $\mathcal{P}=1$ 时, 激光散斑光强的概率密度函数曲线
实线为理论值, \times —实验值

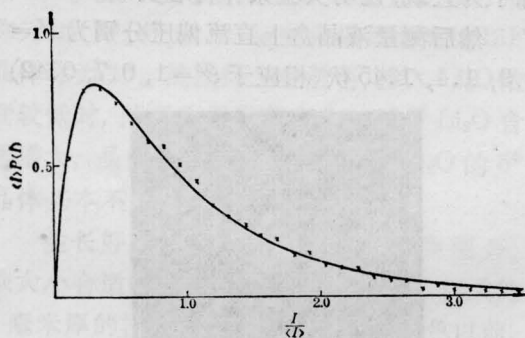


图6 在 $\mathcal{P}=0.7$ 时, 激光散斑光强的概率密度函数曲线

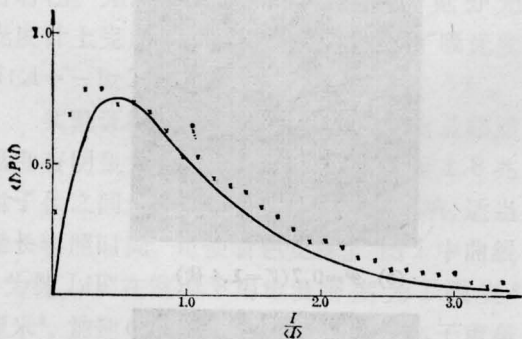


图7 在 $\mathcal{P}=0.42$ 时, 激光散斑光强的概率密度函数曲线

时的散斑光强的概率密度函数。图4为512道脉冲幅度分析器显示结果的照片,图5、6、7为相应的从打印机上输出的实验值与理论值^[1,2]相比较的曲线。

2. 结果与分析

当偏振度 $\mathcal{P}=1$ 时, 为线偏振光, 在象面处形成偏振激光散斑图。用点检测器测量得到偏振激光散斑光强的概率密度函数为

$$P(I) = \frac{1}{\langle I \rangle} \exp\left(-\frac{I}{\langle I \rangle}\right)$$

即为负指数分布^[1,2]。当 $0 < \mathcal{P} < 1$ 时为部分偏振光, 部分偏振激光散斑的概率密度函数^[1,2]为

$$P(I) = \frac{1}{\mathcal{P}\langle I \rangle} \left\{ \exp\left[-\frac{2I}{(1+\mathcal{P})\langle I \rangle}\right] - \exp\left[-\frac{2I}{(1-\mathcal{P})\langle I \rangle}\right] \right\}$$

实验证明当 \mathcal{P} 值减小时, 曲线峰值向光强 I 增大方向移动。实验结果与理论计算基本相符。由于激光器输出没有功率稳定装置, 这是引起实验误差的一个原因。

以上实验结果说明扭曲向列型液晶作为偏振调制器获得部分偏振散斑的方法是可行的。部分偏振激光散斑光强分布的理论实验相符。

参 考 文 献

- [1] J. W. Goodman; Statistical Optics, at Stanford University. Unpublished.
- [2] B. Saleh; Photoelectron Statistics (Spring-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1978).
- [3] E. Wolf; *Nuovo Cimento*, 1959, **13**, 1165.
- [4] M. Born, E. Wolf; Principles of Optics, 4th ed. (Pergamon Press, London, New York 1970)
- [5] 王迺权等;《物理学报》,1983, **32**, 124.
- [6] L. Mandel; *Proc. Phys. Soc.*, 1963, **81**, 1104.