

强激光作用下 H 型人造偏振片的反常光学特性

胡企铨 殷立峰 景春阳 张桂燕

(中国科学院上海光机所)

提要: 强激光作用下 H 型聚乙烯醇碘薄膜人造偏振片的透过率呈反常特性, 本文给出了对此现象进行的实验研究及其机理解释。

Intense laser-induced anomalous optical characteristics of a H-type polyvinyl alcohol iodine polarizer

Hu Qiquan, Yin Lifen, Jin Chunyang, Zhang Guiyan

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

Abstract: H-type polyvinyl alcohol iodine polarizer (PVA) irradiated by an intense laser beam exhibits anomalous transmission characteristics. We report here the experimental investigation and the mechanism explanation of this phenomenon.

目前广泛使用的人造偏振片是 H 型聚乙烯醇碘薄膜(简称 PVA), 它在很宽的波长范围内具有强烈的吸收二向色性。H 型 PVA 偏振片垂直放置于一完全线偏振的普通强度光束中, 绕光束轴旋转时, 其透过率 k 在主透过率最大值 k_1 和最小值 k_2 间按下式变化^[1]:

$$k = (k_1 - k_2) \cos^2 \theta + k_2 \quad (1)$$

式中 θ 是光束偏振方向和偏振片偏振面间的夹角。由于 $k_1 \gg k_2$, 上式近似地可写为:

$$k \approx k_1 \cos^2 \theta \quad (2)$$

(2) 式即平行偏振片对的透过率应遵守的马吕定律。

当 H 型 PVA 偏振片垂直放置于一完全线偏振的强激光束中时, 我们发现当激光

强度超过一定值后偏振片的透过率不再遵守马吕定律, 呈显出一种透过率和入射光强有关的反常特性。

实验布置见图 1。使用了三种线偏振输出激光器: 连续 Ar⁺ 激光器, 波长为 514.5 毫微米, 功率约 2 瓦; 高重复频率脉冲铜蒸气激光器, 波长为 510.6 毫微米, 重复频率 20 千赫, 脉宽 20 毫微秒, 峰功率约 500 瓦, 平均功率约 200 毫瓦; YAG 倍频泵浦脉冲染料激光器, 波长在 560~615 毫微米范围内可调, 峰值功率为百千瓦, 脉宽 5 毫微秒。透镜 L 用来改变入射到偏振片上的光束直径, 以便改变入射的激光强度。Ar⁺ 和铜蒸气激光器的

收稿日期: 1984 年 1 月 23 日。

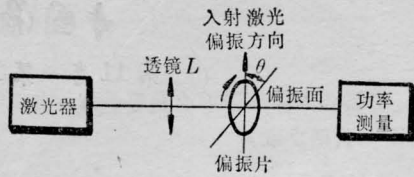


图1 实验布置

输出功率测量采用热偶式功率计(XNS型)。脉冲染料激光器的功率测量,采用快速光电二极管(S1188)经毫微秒信号峰值保持器保持后由记录仪记录。脉冲功率经多点平均以消除脉冲激光功率起伏的影响。

实验表明, H型 PVA 偏振片的透过率在强度小于 6.0×10^3 瓦/厘米² 的 Ar^+ 激光照射下很好地遵守(2)式表示的马吕定律,结果见图2中直线1(为了测量方便,实验中取(2)式中 θ 角的余角为变量,即(2)式应改写为 $k = k_1 \sin^2 \theta$)。在强度高达 8.0×10^4 瓦/厘米² 的脉冲染料激光照射下,透过率不再遵守马吕定律。结果见图2曲线2。在照射激光强度大于 6.4×10^4 瓦/厘米² 时,透过率大致和 $\sin \theta$ 成比例(见图3)。把铜蒸气激光用500毫米焦距的透镜聚焦,当光斑直径为4、2、1毫米时,激光强度分别为 4.0×10^3 瓦/厘米², 1.6×10^4 瓦/厘米² 和 6.4×10^4 瓦/厘米²。测量 H型 PVA 偏振片在这三种激光强度照射下透过率随 θ 角的变化,结合 Ar^+ 和染料激光的实验数据,我们得到图4所示的关系。从图4可见,除了 θ 角为 90° 和 0° (即偏振片的偏振面和光束偏振方向正交或平行)的情况外,当照射 H型 PVA 偏振片的激光强度大于 10^3 瓦/厘米² 时,透过率和照射激光强度有关并呈现明显的非线性关系。当入射光强度大于 6.4×10^4 瓦/厘米²、 θ 角小于 25° 时,由于入射的铜蒸气激光已造成偏振片热损伤,故没有再测量 θ 角更小的数据。

实验还表明, H型 PVA 偏振片这种透过率和照射光强有关的特性具有快速的响应时间,它至少能跟随5毫微秒量级的短激光

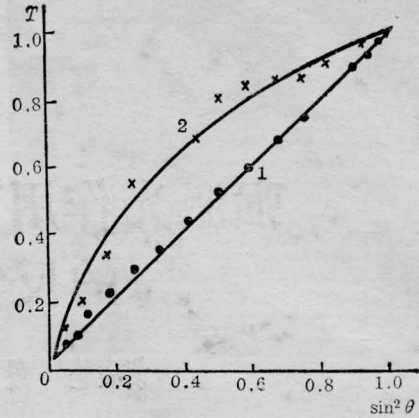


图2 二种光强照射下 PVA 偏振片的正常和反常透过率特性比较

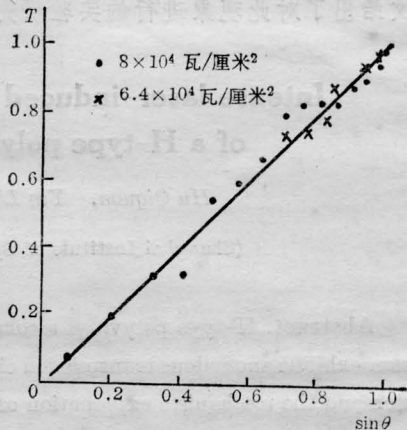


图3 强激光照射下, PVA 偏振片的反常透过率特性

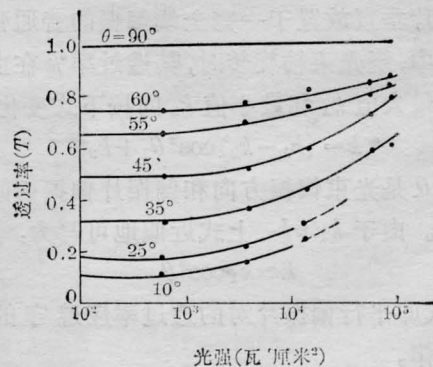


图4 不同 θ 角、不同照射光强下, PVA 偏振片的透过率

脉冲变化,而不使脉冲激光波形有可观察到的失真。这种反常特性还具有可恢复性。只要不照射强激光,透过率即恢复常态。这种特性和某些物质在强激光作用下产生的非线性光学效应,例如“自感应双折射”、“自感应偏振变化”和“克尔效应”也不相同,因为透过H型PVA偏振片的强激光仍是很好的线偏振光,只是其透过率和照射强度有关。

众所周知,H型PVA偏振片的特性主要由定向排列的吸收二向色性分子决定。这类分子具有二个极化率 $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_{\perp}$, $\alpha_3 = \alpha_{\parallel}$,吸收主轴和其长轴方向平行。当强激光照射时,光场对二向色分子起作用,将使其极化率较大的轴平行于电场,从而使分子的位能在光场中趋向最小。光场对分子作用的力矩可写成:

$$M = -(\alpha_{\parallel} - \alpha_{\perp})E^2 \cos \theta \sin \theta \quad (3)$$

式中 E 是光频电场的振幅。当强激光的偏振方向和偏振片的偏振面正交或平行时, $M=0$,这时光场对二向色分子无作用,因而偏振片的透过特性不改变。当 θ 角为其他值时,由于H型PVA薄膜是固体,二向色分子在其中不可能转动,分子只可能通过其电子云和光频场的作用或其形变来改变极化率方向。这相应于偏振片偏振面的改变,从而使透过率和照射的光强有关。由于电子云和光场的相互作用或分子形变是可恢复的,它们具有 $10^{-9} \sim 10^{-13}$ 秒的快速时间响应。以上定性解释了实验现象。定量的分析可能要涉及二向色分子在光场作用下在PVA薄膜中的运动问题,目前尚未进行。

参 考 文 献

- [1] "American Institute of Physics Handbook", McGraw-Hill, New York, 1957.

(上接第746页)

表2 各种KCl在10.6微米的吸收系数

材 料	编 号	体吸收系数 β_0 (厘米 $^{-1}$)
化学料生长的KCl单晶	KC-01	0.00135
RAP法生长的KCl单晶	KR-48	0.00041
RAP料热压的多晶KCl	KTR-18	0.0023

的确是使光吸收增加的主要原因。但是RAP单晶的吸收值还比KCl在10.6微米上的本征吸收值高半个量级以上^[5]($\sim 8 \times 10^{-5}$ 厘米 $^{-1}$),说明材料的纯化还有待进一步提高。

用RAP料热压的多晶KCl吸收值却很

高,甚至高于化学料单晶。这可能是由于热锻过程中引入了杂质或者是由于热锻的RAP料既包含RAP头部单晶(具有较高的吸收)又包含了尾部单晶(吸收较低)的缘故。还可能是由于强化过程中材料的热性能发生了改变的缘故。

参 考 文 献

- [1] A. Hordvik; *Appl. Opt.*, 1977, **11**, 2827.
 [2] A. Rosenwaig, J. B. Willis; *J. Appl. Phys.*, 1980, **51**, 4361.
 [3] E. D. Palik, R. T. Holm; *Opt. Eng.*, 1978, **17**, 512.
 [4] H. B. Rosenstock *et al.*; *Appl. Opt.*, 1977, **16**, 2837.
 [5] S. D. Allen, J. A. Harrington; *Appl. Opt.*, 1978, **17**, 1679.