

PS 激光脉冲感生的热应力双折射

高福源 陈淑琴

(中国科学院上海光机所)

提要:报道了在玻璃板中 PS 激光脉冲感生热应力双折射现象,并对其成因进行了讨论。

Thermostress birefringence induced by ps laser pulses

Gao Fuyuan, Chen Shuqing

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

Abstract: This paper reports the thermostress birefringence induced by ps laser pulses in the glass plate, and the cause for this phenomena is discussed.

在光克尔快门实验中,有强绿光自开门现象^[1]。这一现象的成因是什么?如果是激光感生的热应力双折射,那么用波长 $1.06\ \mu\text{m}$ 的激光做开门脉冲,将强烈干扰光克尔快门正常工作。所以必须把这些问题研究清楚。

器产生一系列超短激光脉冲,脉冲间隔 $10\ \text{ns}$, 每个脉冲半宽度 $10\ \text{ps}$ 。激光经放大器放大后,经 KDP 晶体 K 倍频,出射的激光是 $1.06\ \mu\text{m}$ 和 $0.53\ \mu\text{m}$ 两种波长的光脉冲列。激光再经直角棱镜 K_1 和 K_2 后,通过由反射镜 R_1 、 R_2 和直角棱镜 F_1 组成的光延迟线,再通过由反射镜 R_3 和 R_4 、直角棱镜 F_2 组成的光延迟线。直角棱镜 F_1 和 F_2 位置可调,借此调整光脉冲的延迟时间。反射镜 R_1 和 R_2 对 $1.06\ \mu\text{m}$ 全反射,对 $0.53\ \mu\text{m}$ 透过。因此,通过左边的光延迟线时 $1.06\ \mu\text{m}$ 光脉冲延迟了。反射镜 R_3 和 R_4 对 $0.53\ \mu\text{m}$ 全反射,对 $1.06\ \mu\text{m}$ 透过。因此,通过右边的光延迟线时, $0.53\ \mu\text{m}$ 光脉冲延迟了。 R_3 和 R_4 之间有一凸透镜 L_1 , 其焦距为 $300\ \text{mm}$,

一、实验装置

实验装置如图 1 所示。钎玻璃锁模振荡

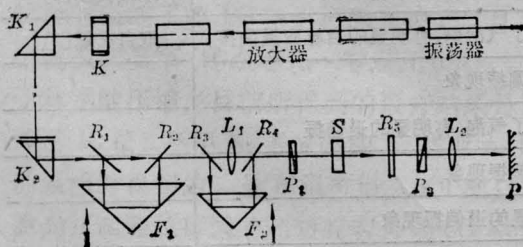


图 1

收稿日期:1985年4月12日。

修改稿收到日期:1986年8月29日。

显然只是 $1.06\ \mu\text{m}$ 激光被透镜 L_1 会聚。 $0.53\ \mu\text{m}$ 激光不通过 L_1 , 所以不被 L_1 会聚。由 R_4 射出的 $1.06\ \mu\text{m}$ 和 $0.53\ \mu\text{m}$ 激光再穿过起偏器 P_1 、玻璃样品 S 、反射镜 R_5 、检偏器 P_2 、凸透镜 L_2 , 射到屏 P 上。其中 R_5 对 $1.06\ \mu\text{m}$ 光全反射, 对 $0.53\ \mu\text{m}$ 透过, 它的作用是保护检偏器 P_2 不被 $1.06\ \mu\text{m}$ 激光打坏。样品 S 到透镜 L_1 的距离约等于 L_1 的焦距。通过调 S 和 L_1 的距离来调 $1.06\ \mu\text{m}$ 激光脉冲照射到样品上的光强, 调动焦距为 300mm 的透镜 L_2 和屏 P 的距离, 使样品 S 通过透镜 L_2 恰好在 P 上成象。

二、实验结果

由图 1 可见, $0.53\ \mu\text{m}$ 的激光没有被透镜 L_1 会聚, 它照射到样品 S 上时光斑很大, 所以光密度很小, 不会产生绿光自开门现象^[1]。此光斑经透镜 L_2 成象到屏 P 上, 由于起偏器 P_1 和检偏器 P_2 的偏振方向已被调成相互垂直, 屏 P 上的绿色光斑是很弱的。如果 $1.06\ \mu\text{m}$ 光脉冲在 S 上会聚成一个小光斑点, 同时在这点上样品 S 能使 $0.53\ \mu\text{m}$ 的偏振方向发生变化, 那么经过这一点的 $0.53\ \mu\text{m}$ 激光将有很大一部分(即其偏振方向和检偏器的偏振方向平行的部分)通过检偏器 P_2 , 该点在 P 上的像将是明亮

的, 即屏上呈现一个在弱均匀光斑上, 有一个很亮小点的状况。用这种办法能灵敏地检测出样品上是否出现使线偏振光退偏振的部分。我们用 3mm 和 5mm 厚的玻璃板作为样品做实验, 实验结果见表 1。

由本文的实验结果和文献[1]的实验结果可得出下述结论:

在不破坏样品的前提下, (1) 强的 $0.53\ \mu\text{m}$ 超短激光脉冲照射 K_9 玻璃样品时, 能使样品产生瞬时热应力双折射。(2) 强的 $1.06\ \mu\text{m}$ 超短激光脉冲照射 K_9 玻璃样品时, 不能使样品产生瞬时热应力双折射。(3) 强的 $1.06\ \mu\text{m}$ 超短激光脉冲照射窗玻璃样品时, 能使样品产生瞬时热应力双折射。

三、讨论

克尔液体 CS_2 总要用玻璃盒装起来, 透光玻璃板若产生应力双折射, 光克尔盒快门就不能正常工作。如果是激光打坏了玻璃板, 产生了永久应力, 容易检查出来, 若产生了感生瞬时热应力双折射就不容易检查出来。所以, 必须注意强超短激光脉冲照射产生激光感生热应力双折射的现象。如果用 K_9 玻璃做 CS_2 盒, $1.06\ \mu\text{m}$ 激光脉冲做开门脉冲, $0.53\ \mu\text{m}$ 激光脉冲作信号脉冲, 需注意照射到 CS_2 盒上的信号脉冲不能很强(此点容易

表 1

样 品	强激光波长	光强 (W/m^2)	现 象	备 注
K_9 玻璃	$0.53(\mu\text{m})$	0.58×10^{10}	未破坏, 无自感应退偏振现象	取自文献[1]
		1.14×10^{10}	未破坏, 有明显的自感应退偏振现象	取自文献[1]
		2.12×10^{10}	破坏了, 打出了气泡串, 有明显的自感应退偏振	取自文献[1]
	$1.06(\mu\text{m})$	1.51×10^{11}	未破坏, 无退偏振现象	
		2.64×10^{11}	破坏了, 打出了气泡, 有明显的退偏振	
普通窗玻璃	$1.06(\mu\text{m})$	1.55×10^{10}	未破坏, 无退偏振现象	
		2.25×10^{10}	未破坏, 有明显的退偏振现象	
		4.97×10^{10}	破坏了, 打出了气泡, 有明显的退偏振	

做到,因为信号光本来不必很强), 否则可能产生瞬时热应力双折射。而开门光脉冲可以很强,只要不打坏 CS_2 盒的通光玻璃板即可。

若以 $0.53\ \mu\text{m}$ 激光作为开门脉冲, 那么照到 CS_2 盒上的光很强, 否则开关比就要大大降低。再考虑到照到 CS_2 盒上的开门光脉冲的光斑不可能非常均匀, 因而光斑中个别强的光点在 CS_2 盒的通光玻璃板上很容易产生瞬时热应力双折射。这时, 最好不用 K_9 玻璃做 CS_2 盒。否则, 就得注意把开门脉冲的光强控制得较低一些。

关于瞬时热应力双折射产生的过程, 可以这样来解释: 样品吸收激光能量中有一部分转为热。当光强达到一定强度时, 就产生了明显的热应力, 因此产生双折射现象。

$1.06\ \mu\text{m}$ 激光脉冲照射 K_9 玻璃时, 不产生瞬时热应力双折射, 一旦发现有双折射现象, 材料就破坏了。如果破坏是光吸收产生的热应力造成的, 当光强比破坏阈值稍小时, 必然会产生瞬时热应力双折射。窗玻璃和 K_9 玻璃不同, 窗玻璃对 $1.06\ \mu\text{m}$ 激光有明显的吸收(见图 2(a)), K_9 玻璃不吸收(见图 2(b))。由于窗玻璃吸收 $1.06\ \mu\text{m}$ 光达到一定强度时, 就会产生瞬时热应力双折射。激光再强; 由于光电场击穿, 材料被破坏, 产生了永久性的应力, 也出现双折射现象。

由图 2(b) 可见, K_9 玻璃是不吸收 $0.53\ \mu\text{m}$ 光的, 但强的 $0.53\ \mu\text{m}$ 激光脉冲照射 K_9 玻璃时, 确实产生了瞬时热应力双折射。看来, K_9 玻璃对 $0.53\ \mu\text{m}$ 光虽然没有单光子吸收, 但当光很强时, 双光子吸收较强(由图 2(b) 可见 K_9 玻璃对 $0.265\ \mu\text{m}$ 光的单

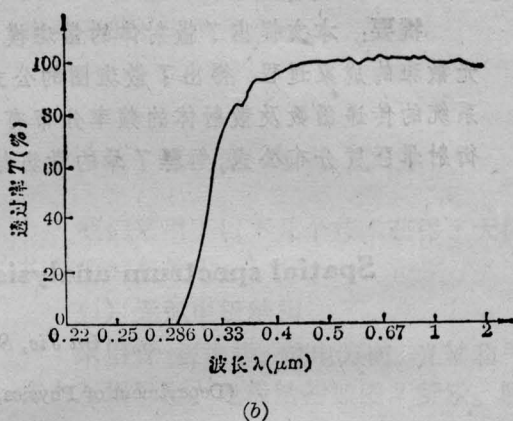
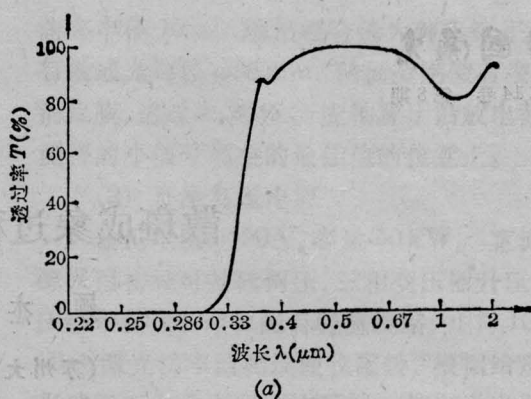


图 2

光子吸收是很强的)。因此, 当强的 $0.53\ \mu\text{m}$ 激光脉冲照射 K_9 玻璃时, 产生了瞬时热应力双折射。激光再强时, 光电场就把 K_9 玻璃击穿了, 产生了永久的应力双折射。

总起来说, 光吸收产生的热应力造成了瞬时热应力双折射, 光电场击穿造成了材料破坏, 产生了永久的应力双折射。

参 考 文 献

- [1] 高福源等;《中国激光》,1984, 11, No. 1, 16.