

红外脉冲激光与某些物质表面 互作用效应及其应用

庄斗南 林英仪

(中国科学院上海光机所)

提要: 在 1.06、1.32、10.6 和 16 微米等脉冲激光辐照下各种物质会发出不同颜色的可见光, 发光颜色与照射功率密度有关。其中以碳最为灵敏, 灵敏阈值低于 10^4 瓦/厘米²。本文介绍了对碳的研究结果。

Interaction of pulsed infrared laser with surfaces of some materials and its application

Zhuang Dounan, Lin Yingyi

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

Abstract: This paper describes the visible luminescence from the surfaces of some materials irradiated by 1.06, 1.32, 10.6 and 16 μm laser pulses.

一、引言

早在进行 TEA CO₂ 激光试验的初期, 当我们苦于无法测量光束分布时, 偶然发现探测激光能量的碳锥卡计伴有明亮的可见光发射现象^[1] (参见照片 1)。照片 1 是在全黑的背景下接收一束脉冲 10.6 微米激光时, 用普通相机和 21 定胶卷拍摄下来的。此后, 我们常用涂上碳的纸——碳纸来显示激光束横截面分布花样。

我们还试验了多种材料, 例如铅、焊锡和已曝光胶片、甚至于普通纸片等等, 它们都具有类似的发光性质, 但以碳的发光灵敏度最

高, 发光光强最大。此后, 我们用碳纸对 1.06、1.32、9.2~10.8 和 16 微米等脉冲激光进行试验, 结果发现碳纸对这些红外激光脉冲都有类似的现象。

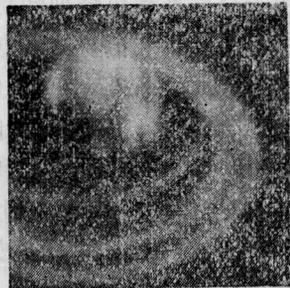


图 1 10.6 微米脉冲激光辐照碳锥时的发光照片

收稿日期: 1983 年 3 月 24 日。

二、发光机理

从发光机理看,它属于一种激光引起的热辐射现象。当激光照射到碳表面时,由于吸收系数很大,吸收厚度仅在微米量级,表面薄层的温度迅速升高,并伴随热辐射。

实验中观察到发光过程中伴随着微量碳粒的挥发,靠近表面附近的蒸发物也在激光作用下发光。实验时,涂在纸面上的碳等物质经激光多次照射后逐步消失、“漂白”。激光功率密度越高,“漂白”进行得越快。碳等物质在脉冲激光作用下发光的同时,还伴随有冒烟和焦味现象。

三、实验装置

图2实验装置中使用的激光器1包括四种类型:YAG:Nd³⁺ 1.06微米;玻璃:Nd³⁺ 1.32微米;TEACO₂ 9.2~10.8微米和光泵CF₄ 16微米等激光器。光栅G是TEACO₂激光器调谐输出波长用的,对其他波长G由全反镜所代替。

从激光器输出的光束穿过一系列半反射镜R₁、R₂和R₃,分束进入探测器D₁、D₂和D₃。剩余光束由全反镜R₄聚进4打在碳纸上,进行观察或拍照。D₁为激光能量计,D₂是用来探测红外激光波形的热释电探测器(快响应),D₃为491S光电管。

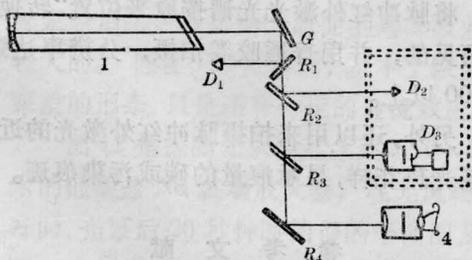


图2 实验装置示意图

四、实验结果

1. 发光颜色与激光密度的关系

以碳纸为例,激光功率密度较低接近阈值时,发光颜色发黄;激光功率密度增高时,颜色变白,功率密度越高,发光白而亮。如果激光功率密度很高,则在伴随白炽发光的同时发出响亮声音,而且碳纸表面上的碳粒迅速被“漂白”(即碳粒挥发掉,露出白色纸面)。

碳纸在较低功率密度下使用时,“漂白”过程进行得很慢,使用寿命很长。

2. 发光阈值与激光波长关系不大

对于实验中使用的多种波长脉冲激光,所观察到的碳纸发光阈值都相互接近(约10⁴瓦/厘米²)。实验证实,这种发光不是由激光能量密度所决定,因为使用低于阈值功率密度的激光照射碳纸时,即使照射时间长得使碳纸冒烟,也没有可见光发射。但在高于10⁴瓦/厘米²的100毫微秒激光脉冲辐照下,即使光能密度仅仅达到1毫焦耳/厘米²,就能发出可见光。

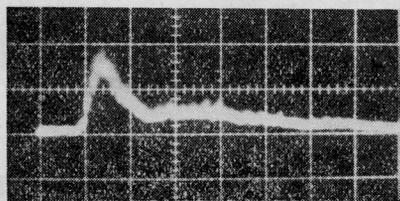
3. 激光与发光波形比较

实验中选择两种典型的激光波形,一种是100毫微秒的10微米激光,另一种是100微秒1.06微米激光,这两种激光照射下的碳纸发光波形也有很大的差别。两种激光波形和相应的碳纸发光波形示于图3。

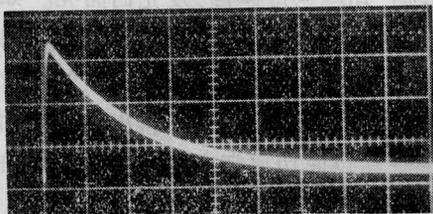
这两组照片一一相对应,形成鲜明的对照。对于短脉冲而言,发光波形的脉宽远远大于激光脉宽,但发光波形上升时间接近于激光尖峰全半宽,发光波形全半宽约100微秒。所以,脉宽大于100微米的激光波形将可能出现激光与发光波形相接近的结果。用长脉冲激光进行的实验证实了这一点(见图3(b)和(b'))。另外,发光波形呈单指数形式衰减。

4. 灵敏度与材料

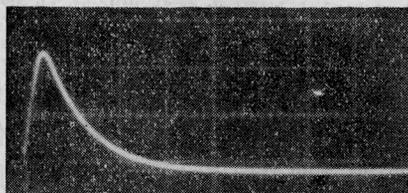
我们拍摄了其他多种物质的发光,例如焊锡涂在纸片上,或铅涂在纸上时,也有类似



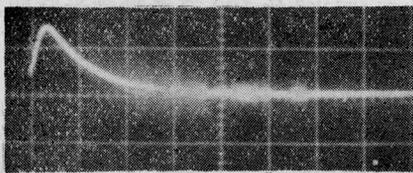
(a) 纵坐标: 20 毫伏/厘米
扫描: 0.5 微秒/厘米



(a)' 纵坐标: 50 毫伏/厘米
扫描: 50 微秒/厘米



(b) 纵坐标: 2 伏/厘米
扫描: 0.2 毫秒/厘米



(b)' 纵坐标: 0.05 伏/厘米
扫描: 0.2 毫秒/厘米

图3 TEACO₂激光(a)和YAG:Nd³⁺激光(b)分别照射碳纸的发光波形(a)'和(b)'

的发光特性,波形与碳的发光十分相似。典型的焊锡发光波形图4是在图3(a)激光照射下拍摄的。图3(b)与图4相比,明显差别是灵敏度,焊锡的灵敏度比碳的约低5倍。同样还与红外显示板和热敏纸等多种材料作了比较,结果表明,碳的灵敏度要高得多,而且最为廉便、实用。

5. 发光特性与气氛条件

实验装置如图2的4部分所示。涂上碳等物质的透明纸置入密封容器内,入射窗用只透激光不透可见光材料(例如Ge)作窗片,出射窗片对可见光透明,可以观测,容器

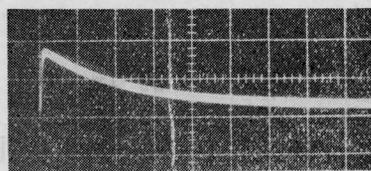


图4 TEACO₂激光(图3(a))照射下焊锡的发光波形

纵坐标: 20 毫伏/厘米; 扫描: 50 微秒/厘米

侧壁也不透光。

实验时让密封管内处于不同的气氛和不同的真空条件下进行试验(气压可从760托变到1托,真空度从 10^{-1} ~ 10^{-5} 托),结果都观察到发光。真空条件下,有一个突出的现象,发光并不是平面的,而是立体分布的,即在垂直于纸面、环绕光轴的区域形成立体的发光区域,似乎充气时也有类似现象,但不如真空时明显。原因很可能是发光层的挥发在真空中更容易扩散开来,而且扩散开来的碳也在激光作用下发光。

五、用 途

上述效应可用来测量长脉宽的激光波形(脉宽大于100微秒),把红外激光的测量转换为可见光测量(见图3(b)和(b'))。

利用它可以指示脉冲红外激光腔、试验光路和输出模式的调整,使得和可见光激光器的操作一样方便。也可用普通相机拍摄脉冲红外激光光谱。我们在拍摄9.2~10.8微米脉冲激光光谱时,将碳纸置于 $f=0.5$ 米、光栅刻纹120条/毫米光谱仪的光谱板位置上,将脉冲红外激光光谱按原来位置“转换”为可见的,并用普通胶卷拍摄,分辨率达到18000以上。

另外,还以用来拍摄脉冲红外激光的近、远场光斑花样,显示痕量的碳或污染痕迹。

参 考 文 献

- [1] 庄斗南,王泽民;《应用激光》,1982,6, No: 4, 31.