

十一甲川和五甲川染料的吸收和弛豫时间

邱 佩 华 B. 可潘斯基

(慕尼黑技术大学物理系慕尼黑, 西德)

1981 年 5 月 29 日收到

提 要

本文报道了用于掺钕激光材料锁模的中国快速可饱和吸收染料 D_1 (十一甲川) 和 D_2 (五甲川) 的吸收和弛豫时间的测量结果。

一、引 言

一些染料做为可饱和吸收体用于掺钕固体激光器的锁模上。许多西方国家在激光工作中利用寿命为 7 微微秒^[2,3,5]的 No. 9860 染料或类似的但弛豫时间更短的 Pyrylium 染料^[3,4], 而在苏联通常是利用弛豫时间为 40 微微秒的 No. 3955 染料或一些弛豫时间较快的其他染料^[4]。在中国, D_1 (十一甲川) 和 D_2 (五甲川) 染料广泛地用于激光器的锁模上。本文中报道这两种染料的吸收和弛豫时间的测量结果, 并与目前报道过的开关染料做了比较。

通常, 染料的弛豫时间是从微微秒激光脉冲的强度透过率相关测量计算出来的^[4]。这种测量技术要求: (1) 测定绝对强度, 这对于微微秒激光脉冲不是一件容易的工作; (2) 脉冲持续时间的再现性要好; (3) 具有适当参数的具体模形来拟合实验数据。

实验中我们选择了一般的泵浦和探测技术^[2,3]。一个强的微微秒泵浦脉冲漂白样品, 而另一探测脉冲监测样品的透过率 T 。探测脉冲相对于泵浦脉冲有可变的不同的延迟时间。样品对探测脉冲的透过率为 $T_\infty \cdot \ln[\ln(T/T_\infty)]$ 给出染料的弛豫曲线。如果 s_1 态的衰减是指数衰减, 并且仅仅有 s_1 态和 s_0 态与这一衰减有关, 发现在较长的时间内衰减曲线为一直线^[5]。

二、实 验 装 置

实验装置示于图 1。一个单微微秒脉冲是从脉冲系列的前沿部分选出来的, 产生锁模脉冲系列的掺钕硅酸盐玻璃振荡器中, 有一厚度为 108 微米的染料盒, 染料盒的一壁是 100% 反射镜, 盒内充有 No. 9860 染料, 光束两次通过放大器后, 分束器将光束的一部分 (10%) 反射出来做为探测光束, 而其余部分用来激发样品, 精心调整使探测光束和泵浦光束完全重叠。探测光束和泵浦光束之间的夹角约为 10 度左右。利用滤光片将探测光束的强度衰减到泵浦光束的 1/400 左右, 以避免探测光束对染料的漂白。探测光束的偏振

方向平行于泵浦光束的偏振方向。激光每次打到样品时,入射光束能量、透射的探测脉冲

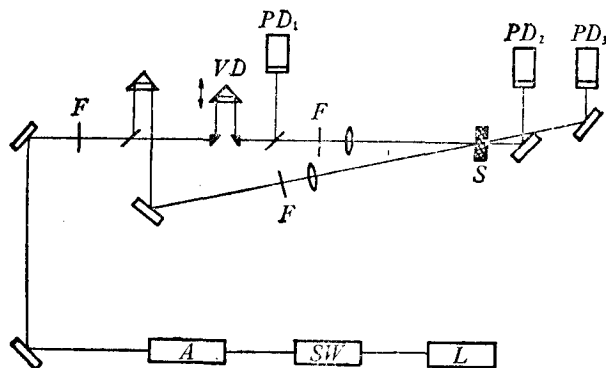


图1 实验装置

L 为激光振荡器; SW 为单脉冲选择器; A 为放大器;
 VD 为激发光束中的可变延迟线; PD 为光电探测器
 (数据处理和记数系统未作标明)

和透射的泵浦脉冲的能量,是由快速光管和快速存储示波器或者分别地由光电信号处理机连接传输器和微处理机组成的数字记录系统进行测量。衰减曲线上的每点都是15次记录测量的平均结果。样品装在一毫米厚的石英盒中,样品浓度调整到使其对于小信号的透过率为 $T_0 \approx 10\%$ 。 D_1 染料溶于丙酮中,而 D_2 染料和 No.9860 染料则溶解于1,2-二氯乙烷中。

为了测量微微秒脉冲的自相关函数,在样品的位置处换上一薄的 LiIO_3 晶体,接收其非共线的二次谐波信号^[6]。

染料的吸收光谱是用分辨率为1毫微米的双光束光谱光度计记录的。一个样品盒装纯的溶液放在参考光束位置上,以便测量时对溶液的吸收谱进行补偿。

三、结 果

所研究染料的吸收光谱示于图2中。 D_2 染料和 No. 9860 染料的吸收光谱具有类似的结构,它们的吸收峰几乎与箭头所示的钕激光波长相一致。 D_1 染料具有完全不同的吸收。在1.06微米处 D_1 染料的吸收较前两种染料小很多,显然这一染料不太适合于钕激光器的漂白。

用上面所描写的装置测定了 D_1 和 D_2 染料的弛豫时间。为了做对比、也对 No. 9860 染料的寿命做了测量。

首先,测量了 D_1 染料的时间相关透过率。泵浦脉冲漂白样品的范围是从 $T_0 = 6.5\%$ 到 $T_{\max} = 54\%$ 。探测脉冲几乎也具有同样的峰透过率。探测脉冲本身的透过率为 $T_\infty = 15\%$,这表明探测脉冲有轻微的漂白作用。对于这种情况,近期发表的文章^[7]指出,用对数斜率 $\ln(T/T_\infty)$ 来确定弛豫时间 τ 比用 $\ln(T/T_0)$ 更合适。 D_1 染料的数据示于图3(a)中。我们看到主要是由脉冲的持续时间决定了快速上升的前沿和缓慢的衰减。衰减准确地由一直线所拟合。这表明是一简单的指数弛豫时间 $\tau = (30 \pm 2)$ 微微秒。

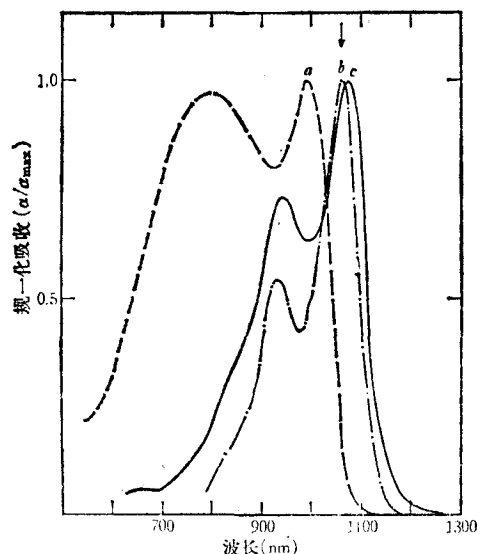


图2 溶于丙酮中的 D_1 染料和溶于 1,2-二氯乙烷中的 D_2 染料和 No. 9860 染料的吸收谱 钕激光波长以箭头示出

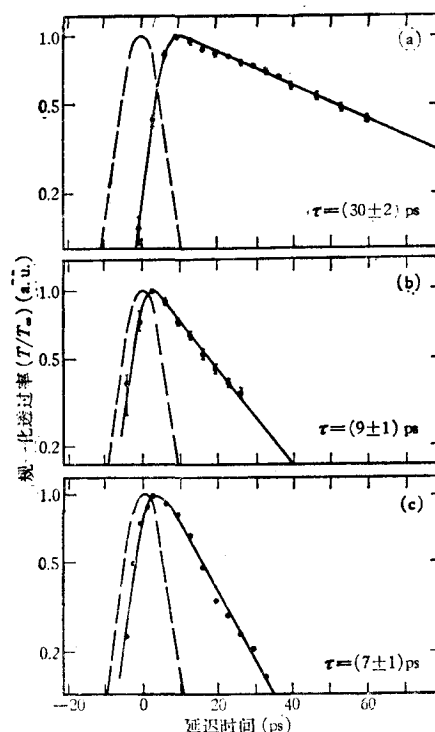


图3 染料 (a) D_1 , (b) D_2 和 (c) No. 9860 的时间分辨吸收恢复以实曲线示出; 所推导出的时间常数为 (a) (30 ± 2) 微微秒; (b) (9 ± 1) 微微秒和 (c) (7 ± 1) 微微秒. 在实验中使用的 2.7 微微秒脉冲的自相关曲线由断线给出. 注意, 时间分辨率比所测量的时间常数好得多; 纵坐标中 (a. u.) 为任意单位

其次, D_2 染料的相应的数据示于图 3(b) 中. 在此情况下, 泵浦脉冲漂白样品是从 $T_0 = 7\%$ 到 $T_{\max} = 59\%$, 而探测脉冲本身所具有的透过率为 $T_{\infty} = 10\%$. 从图 3(b) 中显然看出, D_2 染料的寿命大大地短于 D_1 染料的寿命 (图 3(a)). 毫无疑问, 实验上的时间分辨率对于测量弛豫时间是足够的. 做了自相关测量, 结果示于图 3(b) 中, 以断线绘出. 这一曲线的斜率是时间分辨率的标度. 而曲线的宽度给出脉冲的持续时间. 显然, 我们的系统的时间分辨率对于测量衰减时间是足够好的. 这主要的是在我们的实验中使用了具有 2.7 微微秒持续时间的短脉冲. 从图 3(b) 中的实线的衰减, 我们获得 D_2 染料的时间常数为 $\tau = (9 \pm 1)$ 微微秒.

最后, 用同样的实验装置测量了 No. 9860 染料的时间相关透过率. 结果示于图 3(c) 中. 从曲线的衰减我们得到与以前发表的数据^[2,3,5] 相一致的时间常数 (7 ± 1) 微微秒.

四、结 论

在实验中, 我们测定了 D_1 , D_2 和 No. 9860 染料漂白后的吸收恢复时间. 由于衰减

曲线完全可以用直线来拟合。我们认为, 仅仅是 s_1 态和 s_0 态起主要作用。实验中所获得的时间常数主要是表征 s_1 态的寿命^[5]。溶解于丙酮中的 D_1 染料发现具有较长的寿命 30 微微秒。而 D_2 和 No. 9860 染料(两者溶解于 1, 2-二氯乙烷中)的寿命是很相近的, 其寿命很短。由于 D_1 染料的慢的吸收恢复时间, 它的锁模性能与 D_2 染料相比较差^[8]。可惜作者未能获得 D_1 和 D_2 染料的化学结构式, 以便进一步与 No. 9860 染料以及类似的 Pyrylium^[3] 染料做比较。

邱佩华感谢洪堡基金会所提供的研究条件。上海光学精密机械研究所提供了 D_1 和 D_2 染料。感谢德国研究协会在经济上的支持。感谢 W. 凯瑟教授的有益讨论。

参 考 文 献

- [1] V. A. Babenkov, V. D. Kovin, V. I. Malyshev and A. A. Sychev, *Sov. J. Quant. Electron.* **4** (1974), 675; *JETP Lett.*, **25** (1977), 341.
- [2] D. V. d. Linde and K. F. Rodgers, *IEEE, QE-9* (1973), 960.
- [3] B. Kopainsky, W. Kaiser and K. H. Drexhage, *Opt. Comm.* **32** (1980), 451.
- [4] C. Kolmeder and W. Zinth, *Appl. Phys.* **24** (1981), 341.
- [5] B. Kopainsky, A. Seilmeier and W. Kaiser, in: *Ultrashort Pulses*, ed. C. V. Shank, W. Kaiser, R. M. Hochstrasser, Springer, Heidelberg (1980).
- [6] M. Maier, W. Kaiser and J. A. Giordmaine, *Phys. Rev. Lett.* **17** (1966), 1275.
- [7] R. W. Eason, R. C. Greenhow and J. A. Matthew, *IEEE, QE-17* (1981), 95.
- [8] 陈兰荣、陈绍和、谢梓铭, *激光*, **8**(3) (1981), 4.

ABSORPTION AND RELAXATION TIME OF THE CHINESE DYES D_1 AND D_2

QIU PEI-HUA (P. H. QIU)[†] B. KOPAINSKY

(Physik Department der Technischen Universität München München, Germany)

ABSTRACT

In this paper, we report on the measurement of the absorption and the relaxation time of the Chinese fast saturable absorbers D_1 and D_2 , used for mode-locking Nd-doped laser material.

[†] Permanent address: Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai, P. R. China.