

非相关双束可调谐染料激光器实验研究

张治国 朱文森 张泽渤 赵玉英 刘京保¹⁾ 张 锐²⁾

(中国科学院物理研究所)

1982年10月25日收到

提 要

本文报道了研制成功的闪光灯泵浦矩形非相关双束可调谐染料激光器, 它可同时在两种染料中获得双束激光输出, 具有频差大、脉冲同步、无模式竞争等特点。文中给出了装置结构和典型实验结果, 并做了简单讨论。

一、引 言

由于诸如四波混频、相干反斯托克斯喇曼散射等非线性多光子过程, 以及全息技术和干涉计量等方面的需要, 在实验过程中一般皆要求有不同频率的几束激光参与运转。换言之, 上述实验研究对激光光源提出了多波长多波束运转的要求。为此, 人们研制了各种方式运转的双波长染料激光器^[1-3]。但是, 由于它们基本上是在同一种染料溶液实现双波长运转, 这样, 激光器输出波长之间的频差小(充其量为该种染料的荧光宽度); 同时, 不同波长运转时存在模式竞争, 从而较难实现不同波长皆能高效运转。实现双束激光运转的其它办法是使用两台独立运转的可调谐染料激光器, 但这又带来同步要求和仪器造价提高的问题。为避免上述困难, 我们首次研制成功闪光灯泵浦矩形非相关双束和多束可调谐染料激光器。

二、装置结构与分析

在这个实验装置中, 我们为激光头设计了一种双通道矩形染料盒, 这种染料盒是采用优质石英管、用高纯石墨模具及高温成型技术制成的。染料盒侧壁打毛, 输出窗口用硅橡胶粘合封结, 其几何尺寸为 $7 \times 9 \times 140\text{mm}^3$ 。这种染料盒可同时循环两种激光染料溶液, 并能简便地进行更换。为便于叙述, 我们分别称矩形染料盒的两个独立通道为 *A* 通道和 *B* 通道(见图1)。这里应当强调指出的是: 鉴于矩形染料盒的特点, 每个通道中的染料溶液, 亦可划分为独立运转的两个谐振腔(见图2), 从而在每个单一通道中亦能形成可调谐独立运转的双束激光输出。换言之, 这种染料盒结构可允许非相关可调谐四束染料激光同时运转。

1)、2) 北京大学物理系78届毕业生。

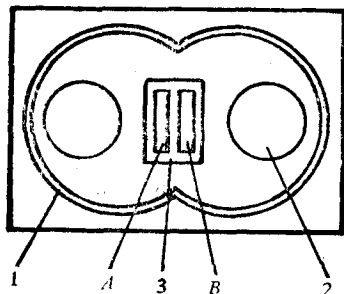


图 1 激光头示意图

1 为聚光器；2 为氙灯；3 为双通道矩形染料盒；A, B 分别表示两个通道

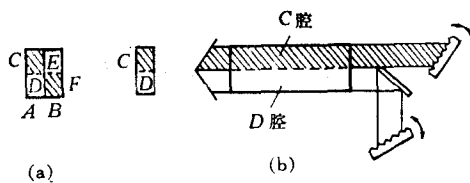


图 2

(a) A 通道染料溶液可划分为 C, D 两部分, B 通道染料溶液可划分为 E, F 两部分;
(b) 每个通道中的染料溶液可形成两个独立运转谐振腔

激光头采用双椭圆玻璃镀铝聚光器,全腔水冷。泵源为两支 $\phi 8 \times 100$ 短脉冲氙灯;工作电容为 $0.2 \mu\text{f}$, 30kV 低感电容器;脉冲氙灯采用预燃技术;激光器重复频率为 10s 可调;放电回路采用球隙开关。根据实验要求激光器可以单色单束,频率可调;双色双束,频率分别独立可调或多色(三色或四色)多束(三束或四束),频率分别独立可调。

对于模式竞争问题,可以做一简单分析。染料激光器模式耦合方程可表述为^[6]

$$\dot{E}_n = E_n(a_n - b_n E_n^2 - \sum_j' c_{nj} E_j^2), \quad (1)$$

其中 a_n 为线性纯增益系数, b_n 为自饱和系数, c_{nj} 为交叉饱和系数。

考虑一个极端情况,即假定只让其中一个波长处于高效运转状态,则模式耦合方程可表述为

$$\dot{E}_1 = E_1(a_1 - b_1 E_1^2), \quad (2)$$

$$\dot{E}_2 = E_2(a_2 - c_{21} E_1^2). \quad (3)$$

令

$$a'_2 = a_2 - c_{21} E_1^2, \quad (4)$$

则 $a'_2 < 0$ 时, ν_2 模被 ν_1 模所抑制; $a'_2 > 0$ 时, ν_2 模将被加强。

从以上分析不难看出,对于一般采用单一染料多波长输出时,都将不可避免地存在模式竞争的影响。相反,我们的实验装置当以双束运转时,则完全不存在模式竞争的问题。此时模式耦合方程分别表述为

$$\dot{E}_1 = E_1(a_1 - b_1 E_1^2), \quad (5)$$

$$\dot{E}_2 = E_2(a_2 - b_2 E_2^2). \quad (6)$$

由此可以清楚地看出,在我们实验装置中,排除了模式竞争的影响,各个波长皆可以高效运转状态输出。此外,激光器允许同时采用两种不同染料运转,二束激光输出波长之间的频差可以很大,这绝非是单一染料可比拟的。

三、实验结果与讨论

考虑一般实验的需求,根据本装置的特色,应尽可能扩大输出波长之间的频差范围。

为此,除了通常的若丹明-6G 染料之外,在短波方向我们选用香豆素-4、香豆素-102、香豆素-7 染料获得了有效的蓝绿色激光输出;在长波方向选用了 DCM 染料,用闪光灯泵浦获得了强的红色激光输出。考虑器件的实用性,对 DCM 染料没有选取二甲亚砜做溶剂,而是选取了乙醇做溶剂,虽然这样激光总体效率较低,但从方便运转和利于实用这还是可取的方案。这样,我们可以在激光头两个独立染料通道中分置实验需求的任意两种染料,从而同时获得较大频差的二束激光输出。

实验中采用 NJ-J1 型激光能量计测量激光能量,用 GD 型强流光电管和 SS-6300 示波器测量脉宽,调谐范围用 WDG-500-1 型光栅单色仪测量,两激光束的同步特性用两个强流管和 Tektronix-551 双电子枪双束示波器记录。

图 3 给出 DCM, R6G, C_7 , C_{102} 激光输出与激励源电压的关系。它们随着电压(即注入能量)的增加而增加,由此可以比较它们的激光输出。上述染料的脉冲波形如图 4 所示。由此得到脉冲宽度(FWHM)见表 1。表 1 中还给出了其它的有关参数。应该说明的是,表 1 中所列输出能量是双束运转时单个通道的能量。表 1 中所列效率以若丹明-6G 为 100 的相

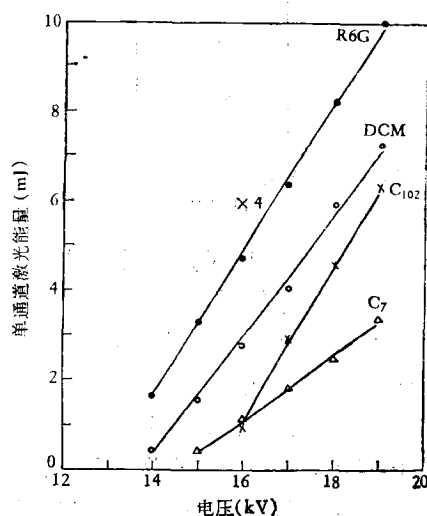


图 3 几种染料激光输出与激励电压的关系

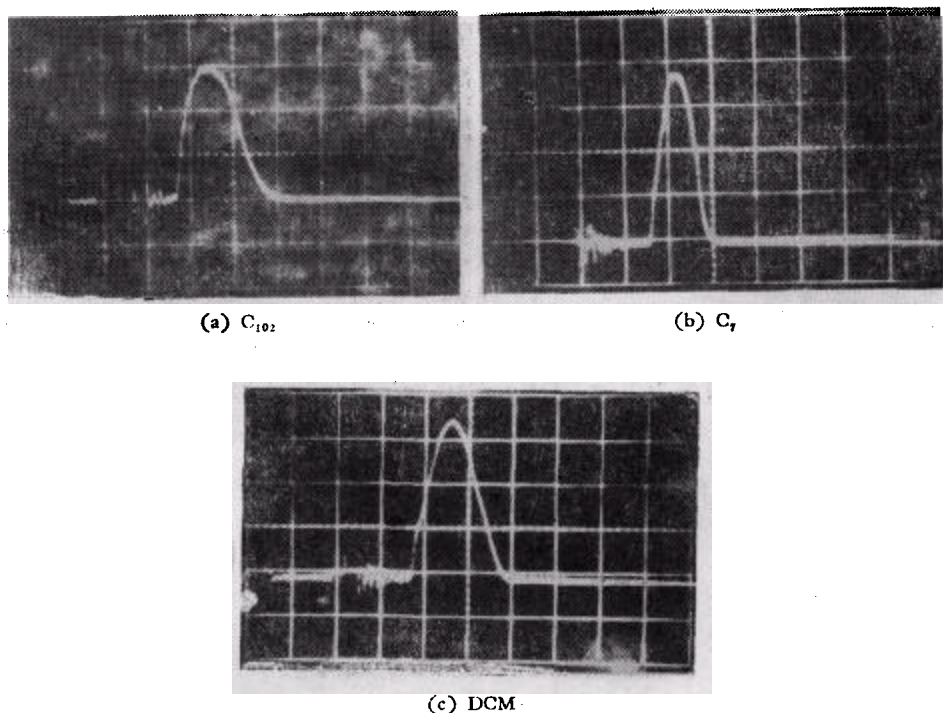


图 4 几种染料激光的脉冲波形, $0.5\mu\text{s}/\text{cm}$

表 1 五种染料(乙醇溶液)的激光特性

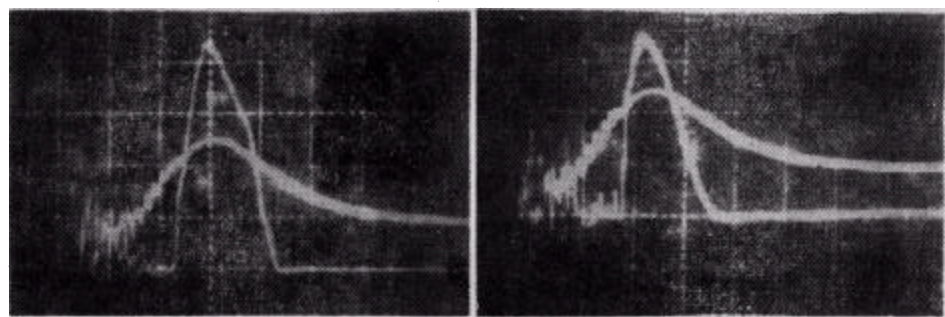
染 料	浓 度 (M/l)	输出能量 ¹⁾ (mJ)	脉冲宽度 (μ s)	中心波长 (nm)	调谐范围 (nm)	相对效率 ²⁾
香豆素-4	2×10^{-4}	3	0.6	460		4.2
香豆素-102	2×10^{-4}	6.3	0.4	478	465~490	16.0
香豆素-7	2×10^{-4}	3.3	0.6	522	500~545	8.4
若丹明-6G	2×10^{-4}	39.3	0.7	585	560~615	100
DCM	2×10^{-4}	7.3	0.65	641	613~669	18.6

1) 系指单通道激光输出能量。

2) 以 R6G 为 100 时其它染料的相对效率。

对效率,双通道同时运转时若丹明-6G 的绝对效率为 $\eta = 0.22\%$ 。

由于两个染料通道中的激光介质处于相同的泵浦条件,相同的浓度梯度,以及各自处于最佳耦合状态下运转,所以可以用本装置进行一些有效的对比实验。例如两种或同种染料在不同的浓度、pH 值、溶剂与其它染料的配比等条件下激光输出特性。图 5 分别为用 T-551 示波器记录的 R6G 和 C_{102} 激光输出波形与闪光灯泵浦波形之间的时间关系。可以看出,在闪光灯点燃后约 0.45μ s 才出现激光振荡,而激光输出的峰值与闪光灯的峰值是基本一致的,也就是在闪光灯最强时获得最大激光输出。它们之间的时间滞后不明显,图 5 还显示出 R6G 起振时间比 C_{102} 略有提前。为了比较 R6G 和 C_{102} 之间起振时间关系,用 T-551 示波器拍摄了它们分置于两个染料通道中同时运转时的激光输出波形,如图 6 所示。从图 6 中的标尺可以清楚地看出, R6G 的起振时间比 C_{102} 要提前约



(a) R6G

(b) C_{102}

图 5 R6G, C_{102} 染料激光输出与泵浦光之间的时间关系
窄脉冲波形为激光输出,时标 0.5μ s/cm

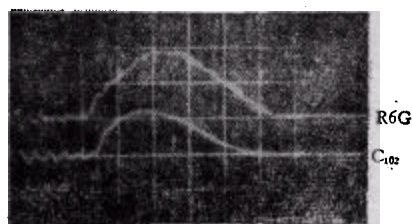


图 6 R6G 与 C_{102} 染料激光间的时间关系
上为 R6G(585nm); 下为 C_{102} (478nm); 时标为 0.2μ s/cm

60ns, 如果两个通道皆是同一染料, 则观察不到这种起振时间差。

如果两个通道的染料各异, 可能出现一个通道染料的吸收谱正好与另一通道染料的荧光发射谱相重合。这样, 有可能提高前一染料激光输出。另外, 如果两通道中染料的吸收谱各异, 在一种染料的吸收谱内另一种染料的吸收很小, 从而相当于提高了闪光灯的光效, 有利于激光输出。这些有趣的结果在一般的染料激光器中是难以得到的。

本工作得到张志三先生、杨国桢同志大力支持; 在实验中高植权、冯宝华同志给予热情帮助; 天津试剂研究所和天津染料工业研究所同志提供了他们新近合成的激光染料, 在此表示深切的谢意。

参 考 文 献

- [1] A. A. Friesem, U. Ganiel and G. Neismann, *Appl. Phys. Lett.*, **23**(1973), 249.
- [2] H. Lotem and T. Lynch, *Appl. Phys. Lett.*, **27**(1975), 344.
- [3] C. Kittrell and R. A. Bernheim, *Opt. Comm.*, **19**(1976), 5.
- [4] R. Dorsinville, *Opt. Comm.*, **26**(1978), 419.
- [5] C. R. Britoeruz, P. Mataloni, M. Romagnol and F. De Martini, *Opt. Comm.*, **39**(1981), 340.
- [6] 潘少华, 物理学报, **30**(1981), 1067.

EXPERIMENTAL STUDIES OF AN UNCORRELATED DOUBLE-BEAM TUNABLE DYE LASER

ZHANG ZHI-GUO ZHU WEN-SEN ZHANG ZE-BO ZHAO YU-YING

LIU JING-BAO ZHANG RUI

(*Institute of Physics, Academia Sinica*)

ABSTRACT

In this paper, we report a new design of a rectangular uncorrelated double-beam tunable flashlamp pumped dye laser. The output of this laser can give simultaneously two laser beams with different frequencies by using two different dyes. The frequency difference of these two beams can be large, and they are easy to synchronize and do not have mode competition. Structure design and typical experimental results are presented. A brief discussion is also given.