

无纵模匹配注入锁定短脉冲染料激光器

张铁军

(中国科学院长春光机所)

Injection-locked short pulsed dye laser without longitudinal mode matching

Zhang Tiejun

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

提要: 本文报道了没有纵模匹配的注入锁定短脉冲染料激光器。实验结果表明, 该激光器系统具有波长连续可调谐, 脉冲短, 输出线宽窄, 功率高等特点。

关键词: 注入锁定, 染料激光器

一、引言

采用注入锁定技术压缩短脉冲的输出光谱线宽是一种较为理想的方法, 它能使脉冲染料激光器的输出波长被锁定在注入波长上, 具有与注入线宽相近的窄线宽。我们采用一台调Q的Nd:YAG激光器泵浦的四镜“8”字形染料激光器作为受迫激光器; 以氩离子激光器泵浦的连续环形染料激光器作为主激光器。研究了两者之间不采用纵模匹配时, 注入锁定短脉冲染料激光器的输出强度及其光谱特性。

二、实验装置

实验装置如图1所示。调Q的Nd:YAG激光器倍频输出功率为50kW。连续环形染料激光器的发射带宽范围从570nm到620nm, 在此范围内, 受迫激光器基本上不存在吸收, 因而是好的注入源。主激光器的辐射功率可达100mW, 因而可以实现功率改变, 其输出线宽为30MHz。如图1所示, 由调Q的Nd:YAG输出的脉冲光由L₂透镜经光路调整反射镜M₈和M₇聚焦到染料盒DC上, 染料盒厚度为4mm, 其中装有3.3×10⁻⁴Mol/l的浓度的若丹明6G乙二醇溶液, 且与受迫激光器的振荡光轴成布儒斯特角放置。M₁、M₂、M₃和M₄构成了“8”字形腔

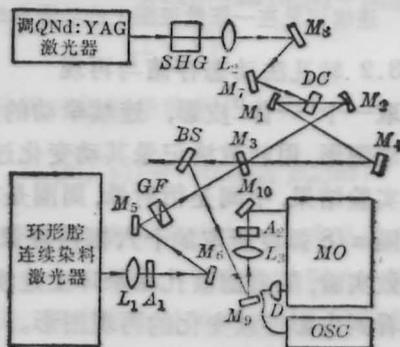


图1 实验装置

M₁, M₂—球面反射镜; M₃—注入与输出耦合镜; M₄~M₁₀—平面反射镜; A₁, A₂—衰减片; L₁~L₃—会聚透镜; DC—染料盒; BS—分束板; GF—格兰付科棱镜; D—光电倍增管; SHG—倍频晶体; MO—光栅双单色仪; OSC—示波器

结构, M₁和M₂是R=5cm的球面全反射镜, M₃是反射率为70%的注入与输出耦合平面镜。受迫激光器的谐振腔腔长为30cm, M₁与M₂相距约5cm, M₃与M₄相距约为9cm, 四个腔镜满足像散补偿条件放置。没有注入信号时, 其泵浦转换效率可达30%, 每一路光的输出功率约为7kW, 脉冲宽度约为8ns; 连续环形染料激光器的输出经过M₃进入受迫激光器的谐振腔内, 观察由腔内出射的连续注入光的干

涉环,当调整到有零级干涉光斑时,注入光在谐振腔内也完全振荡起来。用 GF 使注入光为水平偏振。受迫激光器输出的脉冲光由分束板 BS 反射到测量系统中。

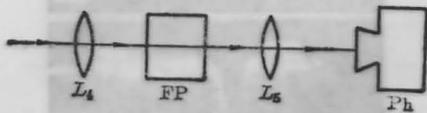


图2 光谱特性测量装置

L_4 、 L_5 —会聚透镜 $F-P$ 标准具 Ph —照相机

锁定输出经 MO 色散后由光电倍增管 D 接收,并在示波器 OSC 上显示,以测量输出与波长的关系(图1);锁定输出由一个焦距为 $FL=5\text{cm}$ 的透镜 L_4 发散到 3cm 厚的实心 $F-P$ 标准具上,该标准具是由石英制成的。然后再由一个焦距为 $FL=50\text{cm}$ 的透镜 L_5 在照相机 Ph 的焦面上成像,以测量输出的光谱特性(图2)。

三、实验结果

图3给出了不同注入波长的输出强度单次测量结果。光栅双单色仪的仪器线宽为 0.3nm 。比较有和无注入信号的情形,可看出,输出强度有几个量级的增加,在 $\lambda_{in}=580\text{nm}$ 处,输出强度增加了约 10^2 倍。并且,在注入波长上不仅实现了光放大,而且还能够在受迫激光器的整个发射带宽内进行波长的调谐。

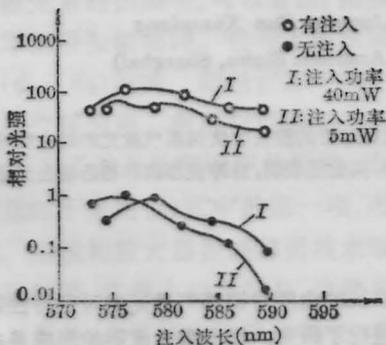


图3 输出与不同注入波长的关系

图4给出了输出光强与发射波长的关系曲线。曲线 I 为没有注入信号,由曲线 II 为有注入信号。由曲线可见,在注入波长 $\lambda_{in}=580.2\text{nm}$ 处输出强度增加了 10^2 倍,而在其他波段明显地减少了约几倍。该结果是多次测量的平均。

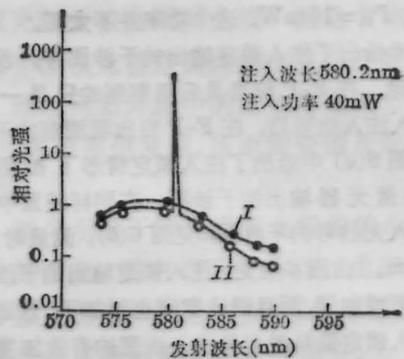


图4 输出与不同发射波长的关系

图5给出了输出光强与注入功率的关系曲线,该曲线也是多次测量结果的平均。这里注入功率 P_{in} 是主激光器的输出功率而不是注入到染料盒上的功率。由曲线可知,注入功率 P_{in} 存在着注入阈值 P_{th} ,当 $P_{in} < P_{th}$ 时,随着注入功率 P_{in} 的增加,输出光强也随着增加;当 $P_{in} > P_{th}$ 时,输出光强饱和,随着 P_{in} 的增加,输出光强基本上不变。对我们

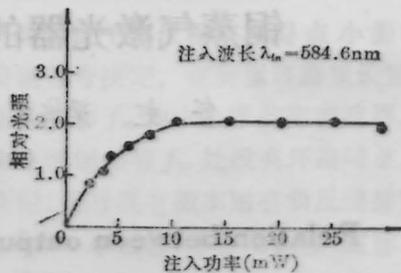


图5 输出与注入功率的关系

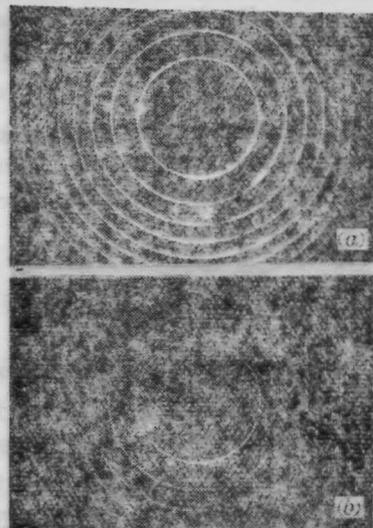


图6 注入锁定输出与注入信号光谱特性的比较
(a) 注入锁定输出干涉图 (b) 注入信号干涉图

的系统, $P_{in} \approx 10 \text{ mW}$, 这个功率并不太高。

图6给出了注入锁定输出的干涉图样。没有注入信号时, 在F-P标准具后观察到的只是一个光斑; 加入注入信号后, 在F-P后出现清晰的干涉图样。在图6(a)中给出了注入锁定情形下拍摄的脉冲染料激光器输出的干涉图; 在同样装置中又拍摄了注入光信号的干涉图, 见图6(b), 测量时 $\lambda_{in} = 580.2 \text{ nm}$ 。由图6可见, 注入锁定输出的干涉图上不仅亮度增加了, 而且谱线宽度也增加了, 这正是短脉冲注入锁定染料激光器注入线宽的有效加宽, 估计输出线宽约为注入光线宽的4倍, 即为 120 MHz 。

图7给出了在注入波长 $\lambda_{in} = 580.2 \text{ nm}$ 处脉冲波形在注入前后的变化。图7(a)中是没有注入时在 $\lambda_{in} = 580.2 \text{ nm}$ 处的波形图; 图7(b)中是有注入时在 $\lambda_{in} = 580.2 \text{ nm}$ 处的波形图, 该情形中单色仪前加了衰减片, 衰减了约150倍。

衷心感谢王乃弘研究员对本工作的支持, 感谢

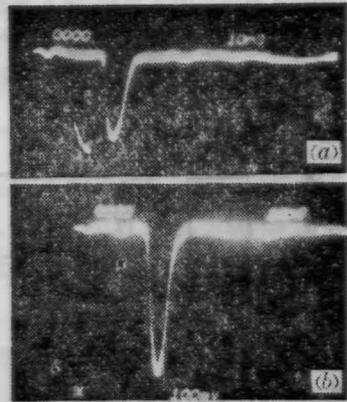


图7 注入前后的波形图($\lambda_{in} = 580.2 \text{ nm}$)

许凤鸣副研究员的大力帮助以及刘旭, 陈方, 王云霞等同志的有益合作。

(收稿日期: 1987年7月20日)

铜蒸气激光器的输出特性与腔长的关系

任虹 梁培辉 沈琪敏 刘俊秋* 孙晓翔

(中国科学院上海光机所)

Relation between output properties of copper vapor laser and its resonator length

Ren Hong, Liang Peihui, Shen Qimin, Liu Junqiu, Sun Xiaoxiang

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

提要: 由于铜蒸气激光器是高增益、短脉冲的激光器件, 故改变稳定腔的腔长会使铜蒸气激光的时空特性发生显著的变化, 除输出功率随腔长增加而下降这一可以预料的事实外, 实验还表明, 脉冲波形由非稳态输出光迭加而成, 并受腔长周期调制; 光束的方向性在某一腔长下有最佳值。

关键词: 铜蒸气激光器

一、引言

近年来, 铜蒸气激光泵浦染料激光系统在激光分离铀同位素技术中获得了应用, 铜蒸气激光的输出功率、方向性以及脉冲波形对染料激光器的输出特性都有很大的影响, 因此除提高铜蒸气激光的输出功率外, 人们开始重视对铜蒸气激光的时空特性的研究^[1,2], 由于铜蒸气激光器是大口径、高增益的短脉冲激光器, 故其时空特性表现得较复杂。我们

从改变腔长的角度对铜蒸气激光的时空特性以及输出功率进行了研究, 提出激光波形的形成是由沿腔轴相向传播的非稳态光脉冲迭加而成, 用这一概念较好地解释了实验现象。

二、实验方法

放电自加热式纯铜蒸气激光器的放电管内径为

* 合肥工业大学实习生。