

稳定的高效率单频环形染料激光运转

邵中兴 许凤鸣 刘旭 周天恩

(中国科学院长春光机所, 130022)

李永贵

(长春光学精密机械工厂)

摘要: 本文报告了利用 801D 型环形染料激光器, 在一般泵浦功率下获得了甚高效率的相当稳定的单频运转结果。用 3.56W Ar⁺ 蓝-绿激光泵浦 R6G 染料, 得到 748mW 单频激光输出, 效率 21%, 更换 R110 和 DCM 染料, 调谐范围复盖 530~670nm。

关键词: 染料激光, 高效率, 单频

Stable and efficient single frequency ring dye laser

Shao Zhongxing, Xu Fengming, Liu Xu, Zhou Tianen

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

Li Yonggui

(Changchun Factory of Optics and Fine Mechanics, Changchun)

Abstract: Very high efficiency and stable single frequency (SF) operation was obtained by using model 801D ring dye laser at normal pumping level. For 3.56 W Ar⁺ laser (blue-green) pumping, 748mW (R6G peak) SF output was obtained with an efficiency of 21%. By changing R110 and DCM dye, a tuning range of 530~670nm can be covered.

Key words: dye laser, high efficiency, single frequency

由于 CW 单频环形染料激光器中的光学插件多, 插入损耗大, 其效率问题引起研究及生产者的关注。Coherent 公司的 699-21 型环形染料激光器在 24W Ar⁺ 激光(蓝-绿谱线)泵浦下输出了 5.6W 单频染料(R6G 峰值)激光, 转换效率 23%^[1]。Spectra-Physics 公司的 380D 型的大功率泵浦下的最高效率为 20%^[2]。但在一般泵浦功率, 如 4W Ar⁺ 激光水平下, CR-699-21 型的最大单频输出仅 0.6W, 效率 15%。它们的商品指标还要低些。

另外, 单频激光的稳定运转和频率的连续扫描也是高分辨率激光器的二项重要指标。合理选择, 最佳匹配各调谐元件的光学参数是实现这些指标的先决条件。CR-699-21 型系统采用三片双折射滤光片, ~10GHz 的扫描厚标准具和 200GHz 的薄标准具控制和扫描频率。这样一套参数的调谐元件控制频率的本领是相当强的, 但是在频率扫描时, 它的薄标准具要同步地随厚标准具调整。SP-380D 型则采用单片双折射滤光片, 75GHz 的厚标准具和 900GHz 的薄标准具, 工作具有效率高的优点, 但对环境条件要求比较苛刻。

本文报告了 CR-699-21 和 SP-380D 型的同类产品——801D 型环形染料激光器(长春光机所研制)经过合理选择、匹配选频和扫描部分光学元件参数, 严格测试和仔细调节后得到了

甚高效率的相当稳定的单频染料激光运转结果。

图 1 是 801D 型环染料激光器(稳频部分略掉)的光学原理图。反射镜 M_1 、 M_2 和 M_3 的

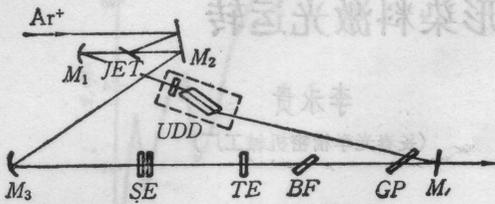


图 1

反射率 $\geq 99.7\%$, 输出镜的透过率在 R6G 染料峰值处为 7%。Faraday 旋光器的旋光角度经过准确匹配,使其插入损耗 $\sim 20\%$,工作表面镀有 30% 的反射膜,非工作面镀有减反膜的空气隙厚标准具,经过严格校准后,其插入损耗 $\sim 10\%$ 。当 Ar^+ 激光(蓝-绿谱线)功率 $\sim 4\text{ W}$ 时,空腔效率 $\sim 30\%$,除两个损耗大的插件单向器和厚标准具外,其它插件包括薄标准具、双折射滤光片(单片)和检流计板的插入损耗之和 $\sim 2\%$ 。这样单频效率可望达到 $> 20\%$ 。经过严格调试,系统运转在最佳状态下,测量结果为: $3.56\text{ W } Ar^+$ 激光(蓝-绿)输入, 748 mW 输出(R6G 染料峰值处),转换效率 21%。单频输出功率随波长分布的测量曲线如图 2 所示。商品激光器的输出波长范围定义为峰值功率 20% 处的波长间隔,由图 2 可见,调谐范围 $567\sim 622\text{ nm}$ 。图 3 是输入-输出间关系的测量结果,阈值泵浦功率 $\sim 0.8\text{ W}$ 。

图 2 是单频输出功率随波长分布的测量曲线。图 3 是输入-输出间关系的测量结果。

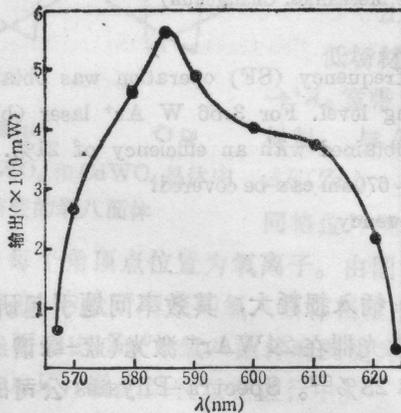


图 2

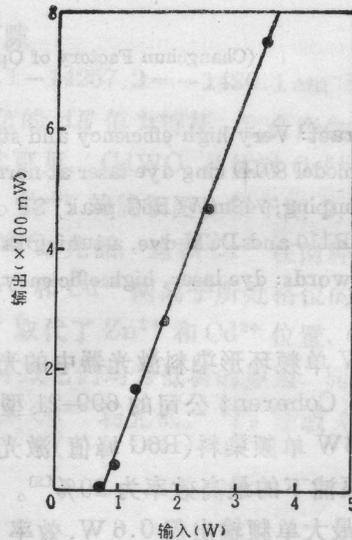


图 3

本工作的腔内插件参数的选取是以考虑到有效地控制频率又考虑到不降低效率指标而且不增加结构上的复杂性为基础的。

环形染料激光器中控制单纵模运转的最有效器件是扫描厚标准具 SE。SE 参数的选取既要考虑到系统对腔模间隔(200MHz)跳模的控制能力,又要考虑到允许有足够宽的(30GHz)扫描范围。本工作取 SE 的自由光谱范围 50GHz,精细常数 2.5。薄标准具 TE 参数的选取应考虑到不必移动 TE 的峰而扫描 30GHz 时不出现 SE 模间隔的频率跃变,以避免增加结构上的复杂性。这样必须使 SE 的峰在与频率扫描相反方向上与 TE 峰失谐 10~20GHz,如图 4(b)所示。否则,如 SE 的振荡模与 TE 的峰完全一致,如图 4(a)所示,那么当扫描过 25GHz

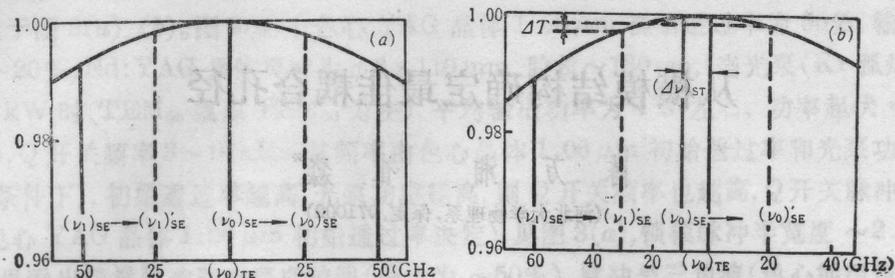


图 4

后,必然产生 50 GHz 的大跳。此外,还必须保证 TE 透过曲线上 SE 模间隔的透过率差 ΔT 足够大。因此,本工作取无镀膜薄标准具的自由光谱范围为 750 GHz。

实验结果表明,在选择上述光学参数条件下,在独立地基的重大理石平台上,如染料喷流不频繁地有气泡流过,单频不跳模时间平均 2 分钟以上,观察到最长可达 10 分钟。加上电子学跟踪系统(控制 SE 的峰跟踪腔长的变化),平均不跳模时间可达 10 分钟左右,观察到最长不跳模时间大于 40 分钟。若再加上适当的光学参考腔及相应的电子学伺服系统进行主动稳频完成 1 小时不跳模已比较容易了。另外,用一 75 GHz 左右的高精细度标准具监视光频,快扫描 30 GHz 同时稍加调整薄标准具的角度,使干涉环光滑收缩,这时 $(\nu_0)_{SE}$ 与 $(\nu_0)_{TE}$ 已处于适当位置,没有 50 GHz 大跳存在了,放慢扫描速度,可以在示波器上清楚地观察到 30 GHz 平稳地扫过。

只更换输出镜,使用 R110 和 DCM 两种染料,3 W Ar⁺ 激光(蓝-绿)泵浦,单频效率均 >10%,波段覆盖范围扩展到 530~670 nm。这两种染料的效率低于 R6G 的原因,除因染料本身特性的影响外,腔镜(为 R6G 染料波段镀膜)的反射率在扩展波段上已略有下降,使得空腔转换效率分别下降到 20% 和 18%。另外,单向器在短波方向上因磁光玻璃吸收增加而使插入损耗增大到 ~25%,厚标准具在长波方向上插入损耗也增加到 ~25%。测量结果表明是它的非工作面增透膜的反射率增加的缘故。

需要说明的是本工作采用的扫描标准具是空气隙的,准确地调整它的间隔和平行度是需要比较熟练的技术的,它本身的稳定性也与调整的水平有关,而且偏离(walk off)损耗比较大。实际上由于精细调谐波长的需要,它经常是处于偏离状态的,因此 CR-699-21 型已经用“光学空气隙”(solid optical air-space)的实心标准具来代替这种传统的空气隙式标准具了。

本工作得到了满桂英、杨金峰和彭忠琦等染料激光组同事们的大力协助,在此一并致谢。

参 考 文 献

- 1 Coherent, CR-699 Ring Lasers, 19(1982)
- 2 Spectra-Physics, Model 380D Frequency-Stabilized Ring Dye Laser Instruction Manual, Revised 1982, 2