

单频连续波染料激光的获得

Abstract: We have obtained single frequency output from a CW dye laser with standing wave and traveling wave cavities.

从计量学角度来研究连续波染料激光的稳频是十分有意义的。稳频首先要获得单频(即单纵模),由于染料激光的宽带荧光光谱及空间烧孔效应,在驻波腔中要获得单模激光,必须在腔内放入一个选模能力强的镀膜标准具。为了克服烧孔效应,多采用环形的行波腔。在腔内行波代替了驻波,介质不易向除主模外的烧孔模提供增益,主模竞争的优势加强了。这样,在腔内放入选模能力低的标准具也可以获得单模工作。

一、驻波腔单频染料激光

我们首先把美S-P375型染料激光器改造为可输出单频的染料激光器。该激光器在波长5900埃输出功率约100毫瓦左右时,其线宽大于9千兆赫,腔模间距约400兆赫。当我们在腔内长臂中再插入一空气间隔、镀膜反射率较高的平板标准具就获得了单模工作。该标准具自由光谱范围(FSR)约75千兆赫,平板镀膜反射率在5900埃处约67%,两膜反射率相差小于1.5%。平板另一面镀增透膜,反射率在6300埃处小于0.05%。有效精细系数约6,间隔长度可由压电陶瓷调制。浓度为 2.1×10^{-3} 克分子R6G染料(用乙二醇体溶剂)在2.3~3瓦氩离子激光泵浦下,获得了单频输出约1~5毫瓦。实验装置示于图1。交换氩离子激光器的两腔镜可分别泵浦两台染料激光器。使用FSR为9千兆赫的WSS-3型扫描标准具(北京第二光学仪器厂)观察单模输出,在氩功率为2.3瓦时,获得约1毫瓦的单模输出。在腔内放置标准具时,要适当偏离垂直入射,以防止平板表面的反射光进入激活区,引起强烈的光反馈。

二、行波腔单频染料激光

激光器的腔结构是在一平台上安装了几个独立的镜座,构成“∞”字形环形腔实验装置。腔参数如下:镜曲率半径 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_p 分别为100、

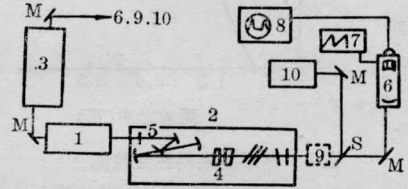


图1 驻波和行波腔单频染料激光器装置示意图

1—氩离子激光器; 2—驻波腔染料激光器; 3—环形腔染料激光器; 4—选模标准具; 5— $\lambda/2$ 波片; 6—扫描标准具; 7—锯齿波发生器; 8—示波器; 9—功率计; 10—单色仪; M—全反射镜; S—分束器

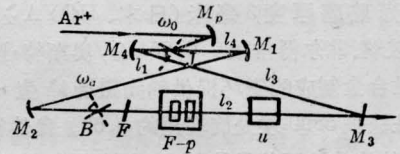


图2 环形染料激光器结构示意图。

M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 分别为腔镜; M_p —泵镜; U—单向器; B—双折射滤光片; F—精细标准具; F-P—选模标准具

230、 ∞ 、35、50毫米,镜间距离 l_1 、 l_2 、 l_3 、 l_4 分别近似为350、520、270、84毫米,总腔长约1224毫米,模间距为245兆赫。最大折迭入射角小于 7.5° 。束腰 ω_0 在染料喷流处,半径约12微米;辅助束腰 ω_s 在 l_1 臂上,半径约40微米。腔内主要插件有单向器、双折射滤光片、调谐标准具等,见图2。用同上氩离子激光器泵浦,获得空腔(未插入任何光学件)时染料激光输出,示于图3曲线A。当腔内插入单向器后,获单向行波输出示于图3曲线B。可以看出在泵功率约2.9瓦时,单向行波输出约180毫瓦,效率为6%,但其微分效率的斜率为11%。由此可知在泵功率继续增加时输出功率将会增加得更快地些。

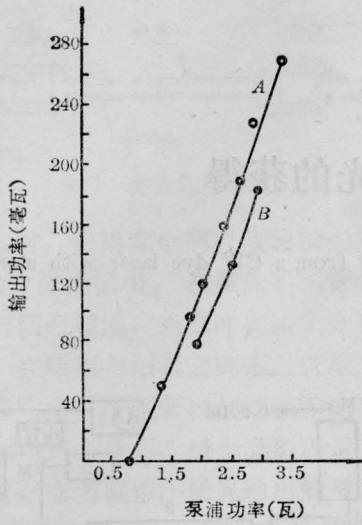


图3 环形腔染料激光输出

激光输出镜 M_3 的反射率约 96% (在波长 6000 埃)。

单向器的作用是使腔内驻波变为单向行波。它是由一块在轴向磁场下的磁光玻璃与一片自然旋光片组合而成,如图 4 所示。它所以能抑制一方向的行波是因磁光玻璃的法拉弟效应产生的偏振面旋转角只与磁场(大小、方向)和材料本身有关。我们制作的磁光玻璃厚度 3 毫米(日本、HOYA 公司的 FR-5 玻璃、菲尔得常数 -0.251 分/奥斯特·厘米),由钐-钴合金制成的磁环提供轴向磁场峰值 ~ 3000 高斯,在波长 5890 埃处旋转角约 4.6° 。自然旋光片是用天然单轴石英晶体制成,光轴垂直表面,厚度约 0.21 毫米。

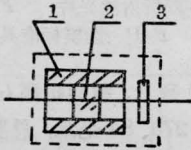


图4 单向器结构示意图

1—磁环; 2—磁光玻璃; 3—自然旋光片

单片双折射滤光片是采用天然单轴石英晶体制作,其光轴与表面成 25° ,厚度约 0.6 毫米,以布儒斯特角放置在腔内 l_2 臂中,并使其主平面(包含光轴与板法线的平面)与入射面为 45° 附近,如图 5 所示,调谐波长是通过绕其表面的法线旋转来实现的^[1]。

插入双折射滤光片并调谐波长,可获从 5700 埃

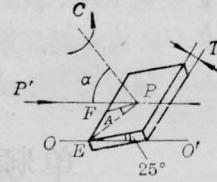


图5 双折射滤光片示意图

OO' —光轴方向; PC —滤光片的法线(即转轴); $P'P$ —光线方向; α —布儒斯特角; PE —入射面与板面交线; PF —光轴在表面上的投影; A — 45° ; T —板厚

到 6150 埃的染料激光输出。当增加输出镜的反射率时,波长复盖范围将增加,特别是红端,如反射率为 98% 时,红端可达 6300 埃。这是因为染料激光的长波极限实质是决定于腔损耗的最小值^[2]。

当在准直臂中插进平板镀膜反射率为 30% (在波长 6000 埃),有效精细系数约 2.5 的空气间隔调谐标准具时,在泵功率约 2 瓦时,可获 ~ 30 毫瓦的单模输出。用 FSR 为 1.5 千兆赫的 WSS-1 型扫描标准具(北京第二光学仪器厂)观察单模,当将喷流的接收和喷嘴支架的稳定性进一步改进后,发现其线宽小于 50 兆赫。约几分钟发生一次跳模。

我们的实验装置与国内、外同类型产品相比,效率是低的。这主要是腔内光学件的材料和加工达不到要求,镀膜质量不好、氩激光器功率不够高所致。由独立镜座构成的环形腔体可在满足腔稳定性条件下,较任意地改变腔形状、尺寸;具有比 801 型(长春光机所)环形腔稍大的折迭角是为了便于在腔内插入吸收室等,以满足某些实验需要。

从以上驻波腔和行波腔的实验结果可清楚地看出:尽管后者腔内若干光学插件质量不好,但仍可在较低的泵功率下获得远高于驻波腔的单频输出功率。实验证实了行波腔具有远高于驻波腔的选单模能力。我们将进一步提高单频工作的稳定性并开展外部稳频来进一步压缩单频染料激光的线宽。

参 考 文 献

- [1] G. Holtom, O. Teschke; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1974, **QE-10**, No. 8, 577.
- [2] F. P. Schdfer *et al.*; *Dye Lasers: Topics in Appl. Phys.*, Verlag Berlin Springer, 1977, **1**, 93.

(中国计量科学研究院 刘玲玲 王庭彦
陶香琴 彭放 1982 年 12 月 24 日)