

氩-氟激光器功率稳定性的研究*

周政卓 付菁 姜启英 冯源荣 范静远 邱明新

(上海市激光技术研究所)

激光在应用中通常要求输出功率稳定,但是,一般的激光器稳定性能不好,较好的氩-氟激光器也有百分之几的功率漂移,有的达10%左右。因此,改善激光器的功率稳定性是激光应用的需要。

蒸气激光器在均匀轴向磁场作用下,激光的输出功率有所增加,因此可以用控制轴向磁场反馈的方法加以稳定。这一方法自然也可以用于离子激光器。磁场负反馈方法可使功率漂移较小的蒸气激光功率稳定在 $\pm 0.5\%$ 以内,甚至有可能达到更高的功率稳定度。目前尚未见国外关于这方面的报导。

我们采用的这种方法能适用于一种连续运转的气体激光器,即通过改变外加的可变衰减器的衰减率来补偿激光功率的漂移。这一方法能补偿激光大幅度的功率漂移。例如激光器功率漂移50%以上时,可使其稳定在 $\pm 1\%$ 以内。可变衰减器可采用渐变滤光片、渐变灰片或渐变狭缝。

一、不稳定的因素及采取的初步措施

引起激光功率输出不稳的原因很多。对这些原因必须采用不同的措施,使激光器件初步稳定。

1. 电网电压的变化或管子内阻漂移引起放电电流的变化会导致激光功率的起伏,对此必须采用恒流放电电源。稳流电源中用电子管或串联晶体管作可变负载反馈补偿稳

定电流^[2,3]。我们采用的稳流电源如图1所示,电流变化小于0.5%。放电电流可适用于100毫安以下的气体激光器。

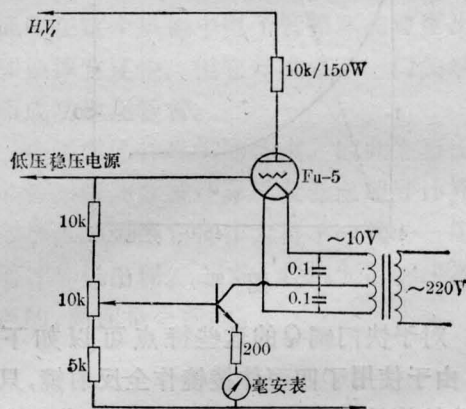


图1 稳流电源

2. 腔体因放电加热而伸长,在多普勒增益曲线下一些纵模从低频端移出多普勒增益曲线,不再参加振荡,并从高频端一些纵模移入多普勒增益曲线参加振荡。如果多普勒增益曲线下有几个纵模,则由于纵向的移动振荡的纵模数可增加一个或减小一个。这在用XY记录仪记录一个较短内腔氩-氟激光管功率随时间变化的曲线时,可以发现输出功率是周期变化的,如图2所示。功率变化周期随时间拉长,直到激光管内的温度达到动态平衡。达到动态平衡的时间往往要半小时以上。短腔体的激光管本身纵模数很少。纵模的移动引起功率的变化很大;而长腔体激光器则纵模数较多,纵模的移动引起功率的变化较小。

* 收稿日期: 1977年12月21日。

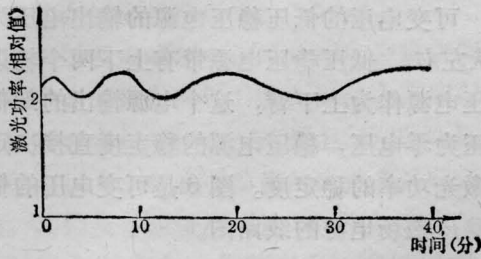


图2 短腔体氦-氖激光器的功率随时间的变化

为了克服这一缺点,应将内腔结构激光管改成外腔结构激光管,并用殷钢等低膨胀系数材料做腔体的支架。

3. 激光管在放电加热后产生形变弯曲,使毛细管通光截面减小或增大,结果使激光功率随时间衰减或增大。用石英玻璃烧制的管子这一变化较小。

4. 工作台的振动会引起激光腔体的振动,从而影响激光功率的变化。采用机械结构加工不精密的调节架时,这种振动会引起激光功率的剧烈变化,且不能复原。在调节架加工中除要求做到尽可能精密的锁定外,还应将激光管放在牢固的不易振动的工作台上。

5. 反射镜和布儒斯特窗之间加一防尘罩密封;另外工作室防尘也是必要的,因为光束要穿过飞舞的灰尘,使光能损失引起变化,反射镜的输出面也要防止落上灰尘。对于蒸气激光,布氏窗上还可能凝结一些工作物质,降低透明度,加一辅助挡板挡住电泳来的金属离子并在结构上采取一些措施,就可以减少工作物质在布氏窗上的凝结^[4]。

6. 气温的变化和空气的流动对激光功率输出影响很大,如水温 and 流速的变化会影响二氧化碳激光器的功率输出,使功率在较大的范围内变动;气温也会影响氦-氖激光管管壁温度而改变细管内的气压。蒸气激光管壁温度的变化将严重地改变工作物质的蒸气压,故要求环境温度变化较小;空气流动也较小。图3上实线为蒸气激光在环境升温 and 致冷幅度为摄氏三度的情况下激光功率的变

化;虚线为激光管被包上两层石棉带后的变化。石棉带能大致避免环境对激光功率输出的影响。

在温度变化为摄氏三度的范围内时,氦-镉激光功率变化为20%以上,而包上石棉布以后功率变化仅3%;在不升温 and 致冷的情况下,半小时内激光器功率的起伏约为1%。加防热套或绕石棉带不仅使激光功率稳定,而且使噪音有所降低^[5]。

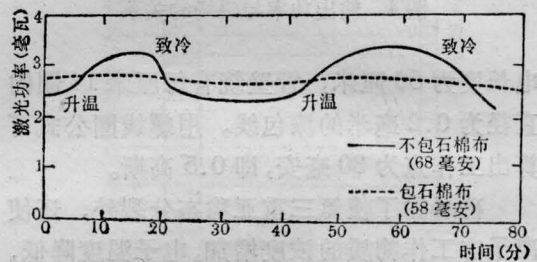


图3 氦-镉激光功率随环境温度的变化曲线

通过以上种种办法,可将激光器功率漂移从百分之几十以上稳定到百分之几。现在某些应用要求功率输出长期稳定在1%以下,所以要采用必要的负反馈;同时要控制环境的温度、湿度、灰尘、振动以及电磁波的干扰。

二、均匀轴向磁场反馈 稳定激光功率

轴向磁场对离子激光和蒸气激光的功率输出有明显的放大作用。蒸气激光在弱磁场的作用下,参与潘宁效应的 $\text{He}(2^3s)$ 态发生塞曼分裂,使 $\text{He}(2^3s)$ 的总浓度增加,最终使激光功率增加^[6]。在我们的试验中,发现加磁场后可以使激光功率增加15%,可以作为负反馈之用的直线部分达10%以上。当激光器功率漂移小于 $\pm 5\%$ 时,上述措施就有可能将激光功率稳定在 $\pm 0.5\%$ 以内,如图4所示。

图4为输出功率与磁场的关系曲线。实验中氦-镉激光器放电管直径为2.2毫米,放

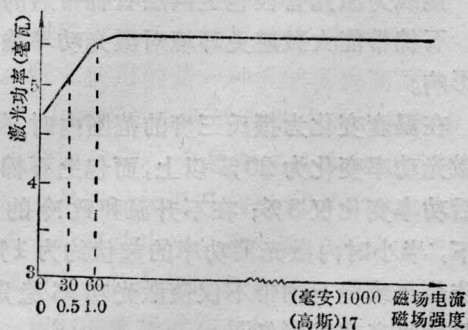


图4 输出功率与磁场的关系

电长度为50厘米，管壁绕有每厘米14圈的直径为0.2毫米的漆包线。用螺线圈公式可算出工作点为30毫安，即0.5高斯。

磁场除了使氦三重亚稳态分裂外，还使离子态工作物质的浓度增加，电子温度降低，电子浓度增加，并使激光偏振面旋转。

磁场负反馈装置如图5所示。激光信号漂移值被硅光电池接收，并经运算放大器放大，然后输到稳压电源的桥式控制三极管的基极；通过控制稳压电源的输出电压以改变磁场电流，就可使激光恢复到原来的输出功率。

可变电压的低压稳压电源的输出电压为1伏左右。低压稳压电源带有上下两个辅助稳压电源作为上下臂，这个电源输出的最低电压为零电压，稳压电源的稳定度直接决定了激光功率的稳定度。图6是可变电压的低压稳压磁场电源的线路图。

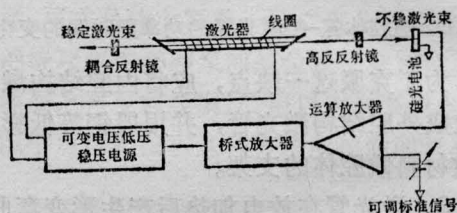


图5 磁场反馈装置

磁场控制的结果见图7，虚线为未加磁场时激光的功率输出变化，实线为加磁场反馈后激光的功率输出变化。磁场反馈适用于包热屏的蒸气激光，能使激光功率变化从±5%减小到±0.5%以下。如果要求0.1%功率的稳定度，则必须采用锰铜丝代替漆包线以减小金属电阻的温度系数，减小线路中的接触电阻和分布电阻；并且必须提高运算放大器及光敏元件的稳定性。

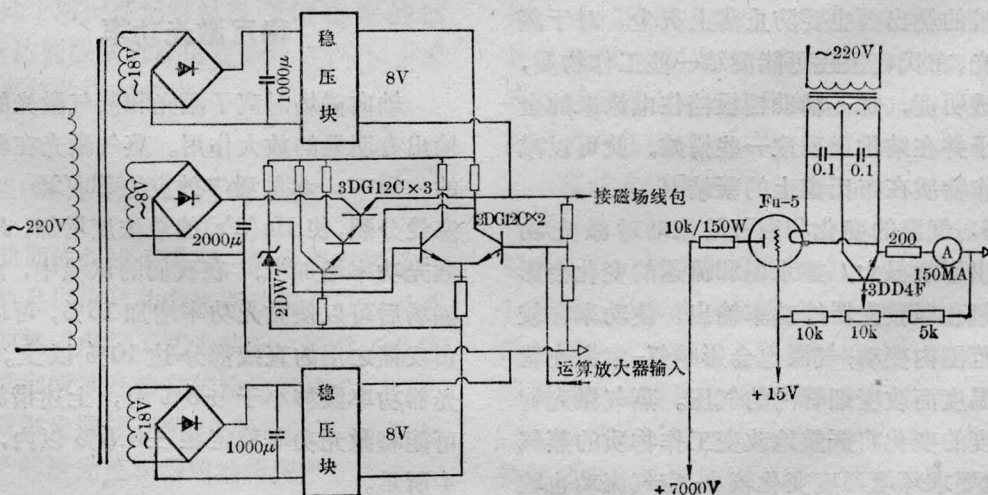


图6 电压可变的低压稳压磁场电源线路图

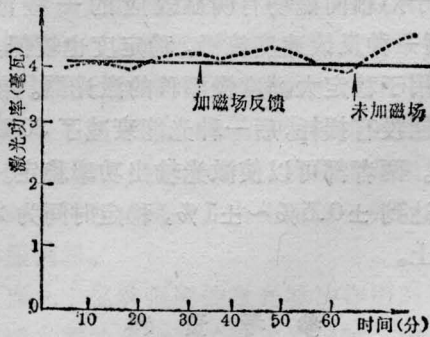


图7 磁场反馈前后的功率输出稳定度

三、用可变衰减的 补偿法稳定激光功率

由上述可知，由振动引起的激光功率变化一般是快变化，而由温度效应引起的激光功率变化一般是慢变化，当激光在稳定工作台上使用时，一般只需清除慢变化的漂移。用一伺服马达调节适当的衰减率反馈补偿就可以获得满意的结果。有人用平行平面薄玻璃片使一部分激光反射，另一部分激光透射。反射率与入射角及偏振方向有关。当偏振方向与入射面垂直时，反射率可由菲涅耳公式求出；当入射角为 $\pi/2$ 时，反射率为无穷大，全部光能反射；而当入射角为零度时，反射率在每反射面上约 4%，这样可使透过玻璃片的激光功率补偿达 50% 以上，并可使透过反射玻璃片的激光功率具有很高的稳定度^[7]。

透过玻璃片的激光束位置将发生一个位移，最大位移为玻璃片的厚度。由于激光功率发生变化，要求玻璃片处于不同的入射角，使激光位移也不断改变，这在某些应用中就发生了问题。我们曾用激光楔代替玻璃片使透过光楔的激光功率稳定。但激光在光楔不同厚度处出射时也会产生位移。消除光束位移的可变衰减器有渐变灰片和渐变滤光片。实验发现，渐变滤光片上有小气泡或落上小灰尘就会引起激光功率跳动，所以最后确定用渐变狭缝。图 8 是用可变衰减率反馈来稳

定激光功率的装置方框图。

在我们的实验中，渐变滤光片长为 6 厘米，衰减率从一端 12% 至另一端 50%，并将工作点放在渐变滤光片的中部附近。当入射光功率增加时，其信号通过硅光电池接收，并经运算放大器放大，放大的偏差信号再经放大器放大，并推动伺服马达正转或反转。激光功率增加的正信号使马达的转向是将拖板拖向渐变滤光片衰减率增加的方向，直到正好补偿了激光的增加为零为止，反之亦然。

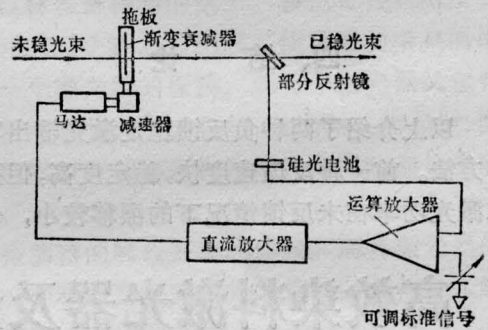


图8 用可变衰减器稳定激光功率的装置

马达和放大器线路均采用上海自动化仪表六厂的函数记录仪上的马达和线路。该马达带有一发电机，可反馈到线路中，使其能快速起动或快速停止，减小滞后时间和反冲。用双笔记录仪记录下来的结果表明，使激光功率漂移 30% 稳定到了 $\pm 1\%$ 以内，稳定时间在 2 小时以上。第二次重新开机时，只要运算放大器上的比较信号不变，激光输出功率也就不变。

图 9 是用双笔记录仪记录的结果，将未

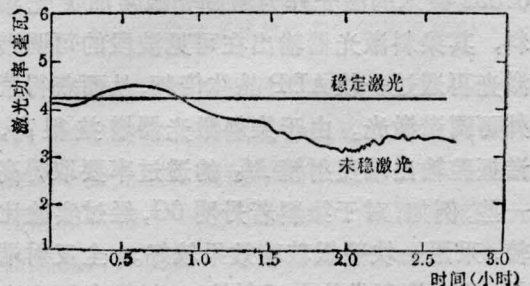


图9 双笔记录仪记录可变衰减反馈激光功率的稳定度

加补偿的一部分由记录仪的一支笔记录; 将已通过可变衰减器稳定的激光束由另一支笔记录。更高的功率稳定度涉及电路和机械结构的精密度与稳定性, 也涉及马达的反应速度。一般认为, 达到 0.1% 的稳定度是可能的。可变狭缝长为 10 厘米, 狭缝的一端使直径 2 毫米的光束全部穿过另一端, 挡掉相当一部分光能, 其中间部位介于这两个极端之间连续变化, 部分光能被挡住以达到衰减的目的。

四、结 论

以上介绍了两种负反馈稳定激光输出功率方法。前一种反馈速度快, 稳定度高, 但要求激光功率在未反馈情况下的漂移较小, 仅

适用于对轴向磁场有明显效应的一些激光器; 后一种反馈速度较慢, 稳定度也较低, 但可适用于稳定大幅度慢漂移的激光器。前一种光能没有损耗, 后一种光能衰减了 30% 到 40%。两者都可以使激光输出功率稳定。稳定度达到 $\pm 0.5\% \sim \pm 1\%$, 稳定时间为 2 小时以上。

参 考 资 料

- [1] A. B. Паршин; *ОМП*, 1974, №6, 67~68.
- [2] M. T. Rosebury; AD736024.
- [3] A. A. Зеленов и др.; *ОМП*, 1974, №6, 68~69.
- [4] 上海海光玻璃制品厂, 上海市激光技术研究所; 《激光》, 1976, 3, №4. 24.
- [5] D. C. Brown; *Appl. Phys. Lett.*, 1975, 24, 289.
- [6] D. C. Brown; *IEEE J., Quant. Elec.*, 1974, QE-10, 94.
- [7] *Laser Focus*, 1975, 11, No. 4, 94.

高效染料激光器及紫外可调谐激光的产生*

叶霖 杨香春 杨天龙 张新因 舒海珍

(中国科学院上海光机所)

提 要

本文介绍的是采用脉冲 $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$ 激光器的二次谐波来泵浦荧光染料若丹明 6G, 以获得较大功率的可调谐染料激光输出, 并由它倍频产生紫外可调谐激光。

高效染料激光器的结构示于图 1。脉冲 $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$ 激光器输出的 1.064 微米激光, 通过一块 KDP 晶体倍频获得的二次谐波 0.532 微米的激光作为激励光源泵浦荧光染料, 其染料激光器输出在可见波段的可调谐激光再通过一块 ADP 晶体倍频, 从而获得紫外可调谐激光。由于染料激光器增益很高, 谐振腔输出端反射镜 M_1 的透过率要取得高一些, 例如, 对于染料若丹明 6G, 经过实验比较, 采用一块平板玻璃效果较好。全反射端 M_2 是一块宽带的全反射镜。染料盒厚度为

1 厘米, 直径 $\phi 30$ 毫米, 染料盒两通光面不平行, 有一很小夹角, 以防止自振损失能量。染料盒在腔内的位置是: 通光面法线与染料激光束成布儒斯特角, 使反射损失最小。腔内插入色散元件——棱镜时, 光束也以布儒斯特角入射棱镜通光面。0.532 微米泵浦光束与染料激光束之间的夹角很小, 采取近纵向泵浦方式。

采用脉冲 $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$ 激光器的二次谐波泵浦染料激光器有许多优点。首先, 泵浦源功率高, 可达 10^7 瓦以上, 这就使得有可能获

* 收稿日期: 1977 年 10 月 7 日。