

声光锁模器最佳驻波频率的恒温控制

吕福云 袁树忠 关信安

(南开大学现代光学研究室)

提要: 测量了自制的声光锁模器最佳驻波频率随温度变化的规律, 变化速度约为 8.0 千赫/°C。以此为依据, 研制了微型恒温炉和控温电路, 保证了声光主动锁模 Ar⁺ 激光器能稳定地运转 5 小时以上。

Constant temperature control of optimum standing wave frequency of an acousto-optic mode-locked

Lü Fuyun, Yuan Shuzhong, Guan Xinan

(Modern Optics Laboratory, Nankai University)

Abstract: The changes of the best standing wave frequency with that of temperature in acousto-optic mode-locked device were measured. The changing rate is about 8.0 kHz/°C. A micro-thermostatical furnace and a temperature controlling circuit were developed on the basis of the above measurement. Over 5 hours stable and continuous operation of the acoustic-photo active mode-locked Ar⁺ laser was achieved.

一、声光锁模器最佳驻波频率随温度变化的规律

在声光调制器中, 常用天然石英或铌酸锂晶片作为换能器, 它的工作频率有一个范围(如图 1 的虚线所示), 在此范围内的射频电功率均可在通光介质中建立超声场。但因供锁模用的声光调制器是按驻波方式运转的, 故只有在此范围内又满足驻波条件

$$f_{RF} = \frac{m}{2d} V \quad (1)$$

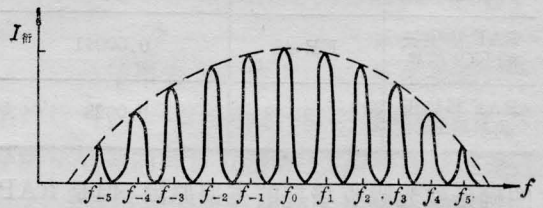


图 1 换能器工作频率范围与最佳驻波频率示意图
的那些射频讯号才能在通光介质内建立超声场。(1)式的 d 为通光介质厚度, V 为超声在通光介质内的传播速度, m 为正整数。这样, 在换能器工作频率范围内同时又满足驻波条

收稿日期: 1983 年 12 月 19 日。

件的频率有若干个(如图 1 的实线所示), 各相邻驻波频率的间隔 $\Delta f = \frac{V}{2d}$, 显然, 只有 f_0 对应的衍射效率与调制深度为最大, 对锁模最有利。故称 f_0 为锁模器的最佳驻波频率。

当锁模器的温度变化时, 换能器晶片及通光介质的密度和弹性模量都发生变化, 介质的厚度和超声的传播速度也要变化, 结果使最佳驻波频率 f_0 发生漂移。一般的规律是温度升高时, f_0 增大, 温度下降时, f_0 减小。我们用图 2 所示的装置来测量这一变化规律, 得到的结果如下:

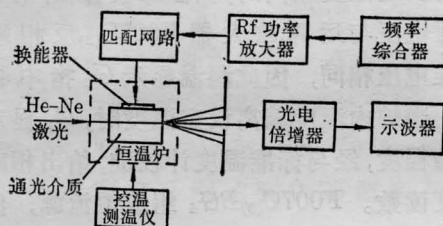


图 2 测量 f_0 随温度变化规律的装置图

1. 锁模器的温度稳定在 28°C 时, 在 $42 \sim 56$ 兆赫的范围内可以看到 ± 2 级或 ± 2 级以上的光斑; 在 48.988 兆赫附近衍射达到最强, 可看到 ± 4 级衍射光斑。这时 0 级光的衍射效率为 30%, 调制深度为 33%。显然 28°C 下的 $f_0 = 48.988$ 兆赫。

2. 当锁模器的温度升至 44°C 时, 其工

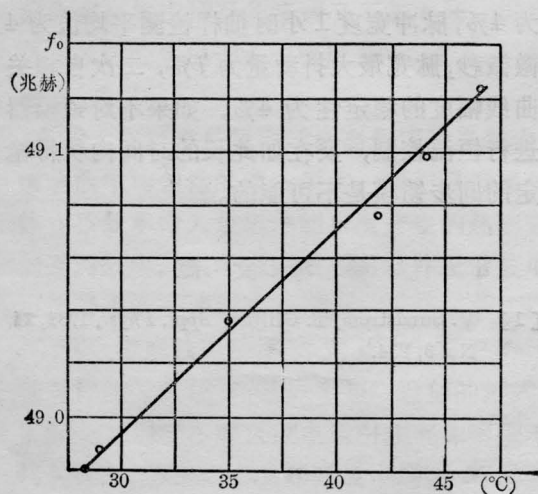


图 3 f_0 随锁模器温度变化的规律

作频率范围基本上保持在 $42 \sim 56$ 兆赫范围内, 但这时 f_0 变为 49.123 兆赫。

3. 在 $28 \sim 47^\circ\text{C}$ 范围内, f_0 随锁模器温度变化的规律基本上是线性的, 如图 3 所示, 变化速度约为 8.0 千赫/ $^\circ\text{C}$ 。

由以上实验结果得知, 在没有恒温设备的一般的实验室条件下, 如果不对 f_0 进行恒温控制, 要获得长时间稳定的声光主动锁模根本是不可能的。

二、微型恒温炉的设计与调试

1. 对微型恒温炉的要求

a. 工作温度。因为升温比降温来得简单, 因此对锁模器温度控制采用升温的方式, 即它的工作温度应比室内最高温度高。没有恒温的实验室温度的年波动范围为 $10 \sim 30^\circ\text{C}$, 故我们选择工作温度为 44°C 。

b. 恒温精度。对于声光主动锁模 Ar^+ 激光器, 腔长 L 失谐范围为 ± 50 微米^[1], 折合成频率失谐量为 ± 1.5 千赫。而最佳驻波频率 f_0 随温度变化的速度为 8.0 千赫/ $^\circ\text{C}$, 因此为了不产生失谐, f_0 的变化量也应小于 ± 1.5 千赫, 即要求恒温精度起码小于 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 。我们取 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。

c. 恒温区长度。声光锁模器大多是喇曼-奈斯型, 其声光作用长度小于 10 毫米。因此恒温区的长度有 10 毫米已足够。

2. 微型恒温炉的设计

我们使用的微型恒温炉如图 4 所示。

a. 炉体及加热方式。为了使结构尽可能简单, 我们利用声光锁模器的安装底座作为炉体, 即把两者合二为一。炉体上部要留有空隙, 以便观察光路的走向和引出换能器电极引线。在炉体两端开环形槽, 在槽内绕加热炉丝。只要使加热电流合适, 便可在炉内获得长度合适的恒温区。

b. 测温、控温与保温。为了控制和测量炉内温度, 在炉体中央底部的一侧开一小洞,

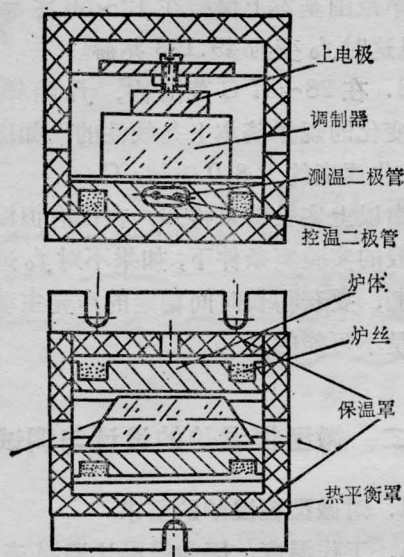


图4 微型恒温炉结构图

放入热敏电阻 R_t 与测温二极管 D_t ，它们均应与炉壁有良好的热接触。炉体外面是一个保温罩，用聚枫乙脂材料制成，保温罩外紧贴一铝制的外壳，用以加大恒温炉内动态热平衡的阻尼量。

3. 恒温电路与测温电路

微型恒温炉的恒温精度取决于热敏元件的特性和恒温电路的参数。恒温测温电路如

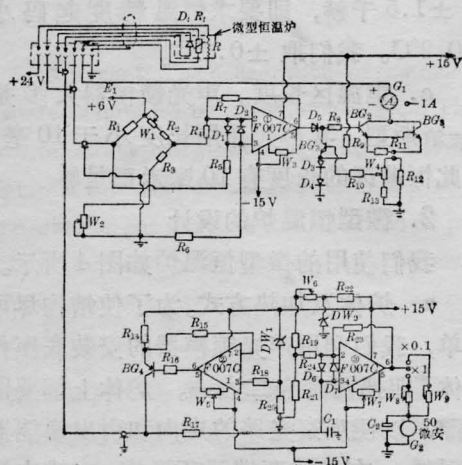


图5 控温、测温电路图

图5所示。 R_t 为 MF51-J₁ 型热敏电阻， R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_t 及 E_1 组成温差桥，它将炉内温度与设定温度之差输入到运算放大器 F007C₍₁₎，经放大后的讯号由 BG_1 、 BG_2 组成的功放级提供功率以加热电炉丝。开始时加热电流为 0.5 安培，15 分钟后达到平衡，此时电流约为 150 毫安。 BG_3 、 D_3 、 D_4 为过流保护电路。 W_1 为控温范围调节， W_2 为温度设定，它们共同决定温度设定值。该电路的控温范围为 40~56°C。

测温电路是这样调整的，当恒温炉内温度与设定温度相同时，测温二极管 D_t 的正向导通电压与运算放大器 F007C₍₂₎ 反相端的标准电压相同，因此测温显示 G_2 指中心零值。当炉内温度偏离设定温度时， G_2 显示出温偏程度，经与标准温度计校准，给出相应的温度读数。F007C₍₃₎、 BG_4 组成恒流源，保证 D_t 的正向导通电压只随温度单值变化。

4. 实际运转结果

将自准棱镜式的声光调制器装入此恒温炉内进行 Ar^+ 激光锁模实验，连续运转 5 小时，环境温度变化 3°C， Ar^+ 锁模激光器平均输出功率为 300 毫瓦，锁模脉冲幅度的抖动量为 4%。用此锁模 Ar^+ 激光器同步泵浦三镜腔式染料激光器，连续运转 5 小时，平均输出功率为 23 毫瓦，2 小时内平均功率稳定性为 4%，脉冲宽度 1 小时抽样检测平均值为 4 微微秒，脉宽最大抖动量为 7%，二次自相关曲线幅度的稳定性为 4%，如果不对锁模器进行恒温控制，要在如此长的时间内获得稳定的同步锁模是不可能的。

参 考 文 献

- [1] V. Sundstrom, T. Gillbro; *Appl. Phys.*, 1981, 24, No. 3, 234.