

半导体激光器恒温头的设计及初步实验结果

屠世谷 陈新之 冯 稷*

(中国科学院上海光机所)

提要: 介绍半导体激光器用恒温头的设计与实验结果, 其温度稳定性的估值为 $\pm 2 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}$ 。

Design and experimental results of a semiconductor laser diode thermostat

Tu Shigu, Chen Xinzhi, Fen Ji

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

Abstract: The design and experimental results of a constant temperature head for semiconductor laser diodes are reported. Its temperature stability is estimated to be $\pm 2 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}$.

一、引言

半导体激光器的输出波长可在较大范围内调谐, 单横模单纵模振荡的成功使光束的单色性及相干性有较大的改善, 它还具有功耗小、效率高、体积小等优点。目前已在光通讯、光谱技术、计量及精密测量等方面获得了广泛的应用。随着半导体激光波长稳定性的进一步提高, 可望在外差光通讯研究、光频稳定、光学技术及精确计量等方面找到更有价值的应用。

半导体激光器的发射波长对温度极为敏感, 就 GaAs 和 InGaAsP 等激光器而言, 波长的温度系数为 $2 \sim 3 \text{ } \text{Å}/^\circ\text{C}$, 这也意味着温度是影响波长稳定性的重要因素。这类激光器一般在室温附近工作, 因此, 用来稳定激光

器温度的恒温槽, 除了要求有较高的稳定性和精度外, 还应能在室温附近调节其恒温温度。国外报道用珀尔帖元件制成的低温恒温槽, 温度稳定性可达千分之几度^[1]。本文介绍一个温度可在室温附近调节的高精度半导体激光器恒温头的设计及初步实验结果。

二、恒温槽的基本原理

一般采用自动控制系统构成高精度恒温槽, 系统的方框图如图 1 所示。感温元件(如热敏电阻)感知槽体内部的温度, 它与标准电阻组成的电桥将温度转成为电讯号 e_a , 通过放大器 g_1 、补偿网络 $g(p)$ 及功率放大器 g_2 等环节后转成加热丝中的加热电流。系统闭

收稿日期: 1983年7月29日。

* 成都电讯工程学院 79 级学生。

环后槽内温度起伏 $\Delta T_{内}$ 与周围温度起伏 $\Delta T_{外}$ 有下列关系:

$$\Delta T_{内} = \Delta T_{外} / (1 + Gg(p))$$

式中 $G = K_1 K_2 g_1 g_2$; K_1 是测温电桥的热-电转换系数, K_2 是恒温槽体的电-热转换系数, $g(p)$ 是补偿网络的传输系数, p 是拉普拉斯算子。可见提高增益 G 可减少 $\Delta T_{内}$ 。但槽内的电-热转换和温度平衡过程需较长的时间才能完成, 由此而导致的延时, 往往使这种负反馈系统在某一傅里叶频率上转成正反馈而产生振荡, 其振荡频率很低, 约为 $10^{-1} \sim 10^{-2}$ 赫量级。消除这种热涨弛振荡的根本办法是减少电-热转换过程所要的时间, 亦即使加热丝与感温元件间有良好的热接触。

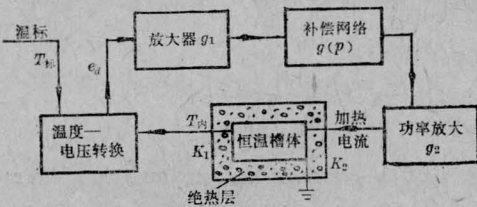


图1 恒温系统方框图

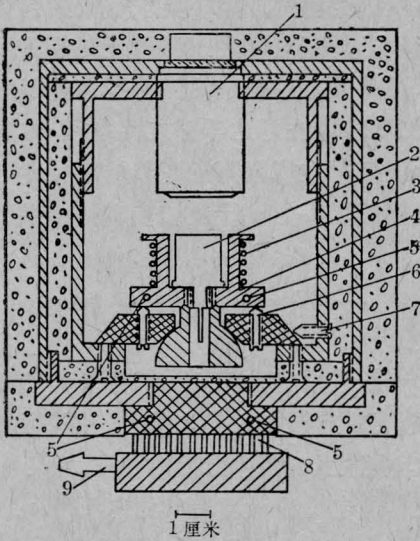


图2 激光头示意图

- 1—准直镜; 2—半导体激光器; 3—加热丝;
4—座; 5—感温测温元件; 6—俯仰调节; 7—位置调节; 8—珀尔帖元件; 9—冷却水嘴

三、恒温槽结构与电子学线路

恒温激光头的结构如图2所示。采用双槽系统, 外槽用珀尔帖元件致冷, 内槽用热丝加热。考虑到激光器装配工艺上的差异, 激光器座4具有位置及俯仰调节机构(螺钉6与7), 准直透镜1固定在内槽壁上, 用螺纹调焦, 保证激光束平行射出。内槽加热丝直接绕在激光器座的四周, 感温与测温元件5安置在座的底部, 从而保证了较好的热接触。外槽用珀尔帖元件8致冷, 元件面积为 25×25 毫米², 热端用水冷却, 致冷电源电压为6伏, 最大电流为2安培。致冷及加热恒温系统的电子线路图如图3所示。

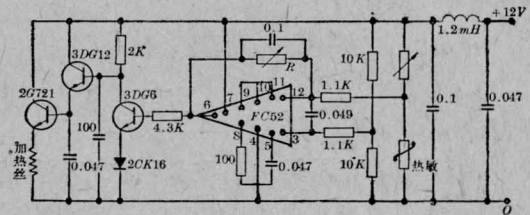
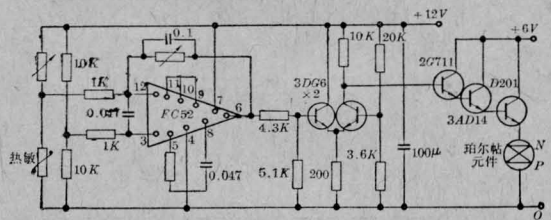


图3 恒温电路

致冷(上); 加热(下)

四、实验结果

用图4中的直流电桥测定槽内测温用热敏电阻阻值的起伏, 从而推知其内的温度变化。电桥桥臂由锰铜丝组成的旋式电阻箱(ZX 21)构成, R_3 的最小调节量值为0.1欧姆。用灵敏度为 2×10^{-9} 安/格的光点检流计指示电桥平衡与否。热敏电阻 R_4 (20千欧左右) 的温度系数的实测值大于 $0.035/^\circ\text{C}$, 故

每千分之一度的温度改变可导致热敏电阻值改变 0.7 欧姆, 此时光点检流计可偏转一格。图 4 中上方的曲线给出了恒温槽在六小时内的温度变化情况, 温度的峰-峰改变值为 $4 \times 10^{-3}^{\circ}\text{C}$ (相应于热敏电阻值改变 3 欧姆)。将它与图中部的室温变化曲线相比较, 可见它们的总的变化趋势是相似的, 但就单个测量点而言, 也有反向改变的情况。在整个测量过程中, 室温温升近 1 度, ZX21 的温度系数约 10^{-5} 量级, 故室温导致的阻值变化为零点几欧姆; 除室温外, 槽体周围的气流状况、冷却水的温度起伏均会导致恒温槽内温度改变。因此, 取 $\pm 2 \times 10^{-3}^{\circ}\text{C}$ 作为恒温槽内温度稳定性是可以接受的。当然, 更确切的数值应取更严格的测试方式, 或者直接用半导体激光波长(频率)的稳定性进行测算, 但目前尚缺乏相应的手段。

图 5 给出镓铝砷 (GaAs/GaAlAs) 半导

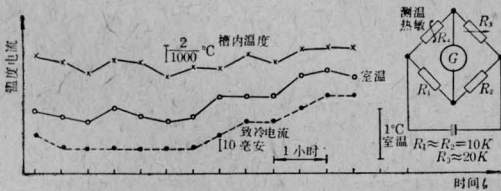


图 4 恒温槽温度稳定性
(槽温接近于室温, 约 25°C)

体激光器工作前后槽内温度的变更情况: 激光器打开两小时后, 槽内温度达到平衡, 此时与激光器未工作前的温差为 0.07°C , 在此后的四个半小时内, 槽内温度起伏小于 $\pm 1.4 \times 10^{-3}^{\circ}\text{C}$ 。 0.07°C 的温升是因为加热元件、感温元件、测温元件及半导体激光器等部件间存在温度梯度的缘故。槽内实质上形成了一个稳定的温度场, 场内任一点的热起伏将导致整个温场分布改变, 但也不能就此得出半导体激光器发光结附近的温度起伏亦优于 $\pm 1.4 \times 10^{-3}^{\circ}\text{C}$ 的结论。

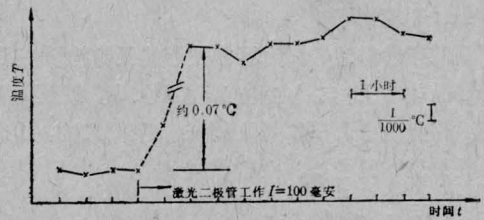


图 5 半导体激光器工作前后槽内温度的变化
(槽温近于室温, 约 25°C)

感温与测温元件的引线应在槽体内留有足够长度后方可引出使用, 否则导线的热传导将严重影响槽内的温度稳定性。

参 考 文 献

- [1] 山口静夫等;《分光研究》, 1982, 31, No. 4, 256.