

半导体激光器自混合干涉的调制与放大电路

王婷婷, 李明, 王鸣, 郝辉

(南京师范大学物理科学与技术学院, 210097, 南京)

[摘要] 介绍了一种实用的半导体激光器自混合干涉的调制与放大电路, 给出了电路原理图及其设计原理, 采集了通过三角波电流信号直接调制的半导体激光器自混合干涉信号.

[关键词] 半导体激光器, 自混合干涉, 调制, 放大

[中图分类号] TN248.4, [文献标识码] B, [文章编号] 1672-1292-(2004)01-0064-03

0 引言

半导体激光器(Laser diode, 简称 LD)是利用半导体材料导带中的电子和价带中的空穴的复合来产生受激辐射. 当电流高于激发域值时, 输入电流与输出功率呈线性关系, 这个线性特性是半导体激光器被广泛应用的主要原因之一. 利用其线性特性, 很方便通过调制激励电流实现对激光强度的直接调制, 并且响应速度快, 调制频率可高达几兆赫. 半导体激光器的自混合干涉是指在半导体激光器的输出光被外部物体反射或散射后, 其中一部分光被反馈回激光器的谐振腔, 反馈光携带了外部物体的信息, 与腔内光混合后, 调制激光器的输出功率. 我们可利用激光器后部的光电探测器(Photonic de-

tor, 简称 PD) 或外部的 PD 监测输出功率的变化. 因输出信号的特点与传统的双光束干涉有相近之处, 故称之为自混合干涉^[1]. 本文利用由三角波电流直接调制的半导体激光器在多重反馈的情况下, 检测三角波上的自混合干涉信号与外腔长度、外腔表面的反射率和注入电流密度的关系, 通过这一关系, 我们就可以较精确地测量外腔长度.

现介绍一种实用的半导体激光器自混合干涉信号调制驱动电路, 以及光电探测器接收调制出来的信号并加以放大的电路, 有广泛的应用价值.

1 调制与放大电路原理

调制放大电路由4部分组成: 调制电路、差动电路, 放大电路和滤波电路. 电路如图1所示.

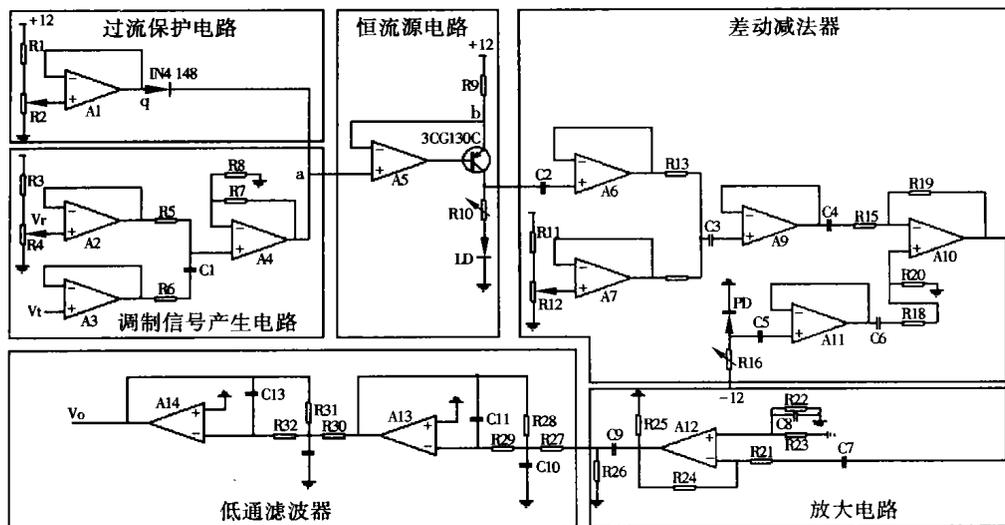


图1 半导体激光器自混合调制和放大电路原理图

收稿日期: 2003-06-04.

基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 50065002)和江苏省高新技术基金项目(No. BG2003024)资助.

作者简介: 王婷婷, 女, 1979-, 硕士研究生, 主要从事光电子技术和激光应用的研究. E-mail: wtt79812@163.com

通讯联系人: 王鸣, 1950-, 南京师范大学物理科学与技术学院教授, 主要从事光电子技术和激光应用的研究.

1.1 调制电路

调制电路由调制信号产生电路、过流保护电路、恒流源驱动电路组成。调制信号产生电路产生对半导体激光器(LD)的调制电流 $I = I_r + I_i$, I_r 给半导体激光器提供一个能正常工作的直流电流, I_i 提供一个可变调制信号, 本实验中选用的是三角波信号。运放 A_2 、 A_3 接成跟随器的形式, 用来实现阻抗隔离, 运放 A_4 为同相放大器。假设 $R_7 = R_8$, 交流信号由于经过 R_5 和 R_6 分流变为原来的一半, 经 A_4 同相放大两倍后, 交流信号等于输入信号的大小; 而直流信号由于电容 C_1 隔直, 没有被分流, 所以经过 A_4 放大后, 信号为原来信号的两倍。

半导体激光器的寿命与流过的电流大小有关, 若电流 I 超过 LD 最大允许电流值, 则半导体激光器会被击穿, 造成永久性损坏。过流保护电路是为了当半导体激光器的驱动电流大于其安全工作电流时, 能立刻钳住 b 点的电压, 这样就保证了半导体激光器的电流小于其最大安全工作电流, 使激光器免于被损坏。在本电路中过流保护电路的原理如下, 调 R_2 使

$$V_q = 12 - R_9 I_{\max} + 0.7.$$

正常工作时, 由于 $(V_i + 2V_r)$ 的电压比较高, 使得半导体激光器工作在安全电流下, 此时 $V_b = V_i + 2V_r$; 如果 $(V_i + 2V_r)$ 的电压小于 $(V_q - 0.7)$, 则二极管 IN4148 导通, 这样就使得 b 点的电压值被锁定在 $(V_q - 0.7)$, 从而流过半导体激光器的电流也

被锁定在半导体激光器的安全工作电流值上面。

恒流驱动电路是由三极管 3CG130C 接成共基极形式, 与运放 A_5 一起构成恒流源, 其电流 I 为

$$I = \frac{12 - V_b}{R_9}.$$

电位器 R_{10} 起分压作用, 保证三极管工作于放大区的线性部分, 同时半导体激光器的工作电压也在最佳区域。在调试的过程中先调节 V_r 到电流为半导体激光器的工作典型值, 然后再调节变位器使得三极管和激光器上面的分压都达到它们正常工作的值。

1.2 差动电路

差动式减法器的作用是把由三角波调制出来的自混合干涉信号提取出来, 以便在下面的电路中放大。基本差动放大电路是由 R_{15} 、 R_{18} 、 R_{19} 、 R_{20} 和 A_{10} 组成。

本实验中, 不是直接将 V_i 即原始输入信号与 PD 接收到的自混合干涉信号相减, 而是将进入半导体激光器的信号与其相减。这是因为我们发现由于种种原因当 V_i 经过电容和运放后在 b 点的三角波信号产生弯曲现象(如图 2 所示), 如果再与 PD 接收到的信号相减, 那么出来的信号的失真将更大。为了解决这个问题, 在相减之前叠加了一个与在调制电路中对称的直流电压, 然后同相跟随, 这样就可以最大限度地减小失真带来的影响。

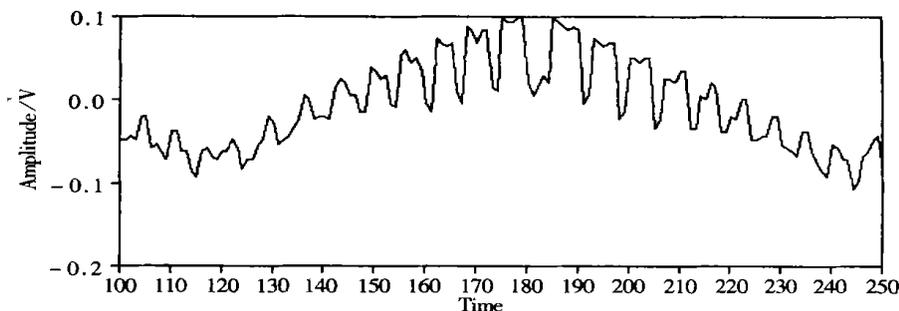


图 2 三角波信号产生弯曲现象的波形(采样频率 20 k/s)

1.3 放大和滤波电路

放大电路将差动电路中提取的自混合干涉信号加以放大, 本电路中放大电路为反相交流耦合放大电路, 运算放大器选用的是 LM324, 放大倍数为:

$$A_v = \frac{R_{24}}{R_{21}}.$$

R_{22} 和 C_8 组成一个旁路电路, 有效地降低噪声。本电路中采用电源去耦电路, 由两个电容器并

联组成。一个是大量容量的电解电容, 另一个则是小容量的无感电容器, 它们分别担负低频和高频的去耦作用。滤波电路是由 NE5532 组成的比较稳定的二阶低通滤波器, 其截止频率为 200 kHz。

2 实验数据

图 3 所示为半导体激光器自混合干涉的调制与放大实验系统。系统由信号发生器、衰减器、半导

体激光器、光电二极管、自聚焦透镜、平面镜、数据采集系统以及电源和示波器组成。

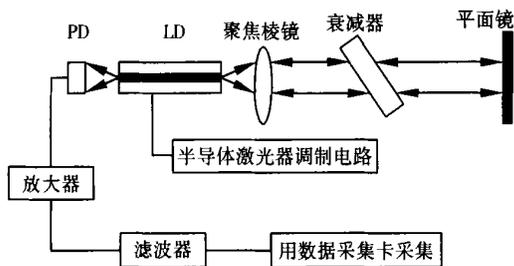
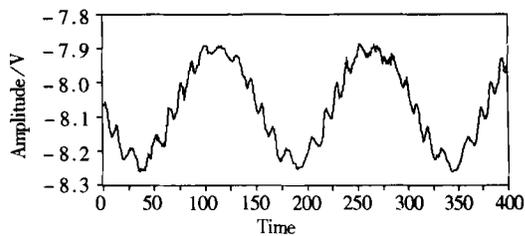
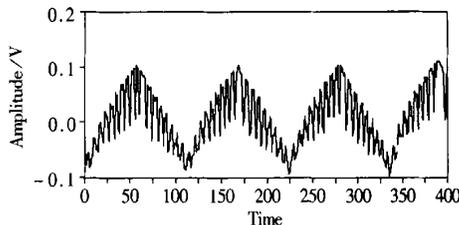


图3 实验系统原理框图

激光管发射光束经自聚焦透镜准直后, 经过衰减器, 照射在平面镜的表面, 被反射后, 一部分被衰减器衰减掉, 另一部分又反馈回激光器内腔与腔内的光形成干涉. 干涉信号由封装在激光器后面的光电二极管接收, 所得的信号经过放大滤波后, 由数据采集卡(National Instrument PCI-6024E)采集输入电脑, 并由 Labview 进行处理. 所得信号如图4所示.



(c) 叠加自混合干涉信号的正弦波(正弦波调制, 镜面与激光器距离 8.5 cm, 调制频率 180.6 Hz, 采样频率 20 k/s)



(d) 叠加自混合干涉信号的三角波(三角波调制, 镜面与激光器距离 15.5 cm, 调制频率 180.2 Hz, 采样频率 20 k/s)

图4 实验图像

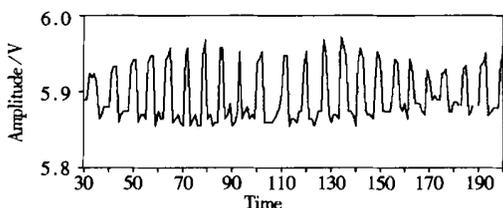
图4是本实验检测到的自混合现象的图像以及其实验参数.

3 结论

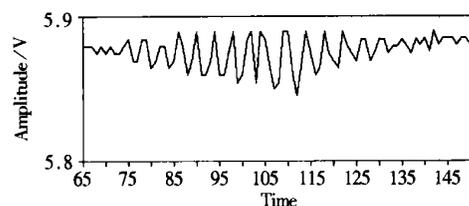
本文介绍了一种简单实用的半导体激光器的调制放大电路的设计方法和原理, 经实验表明本电路具有可调的电流限制功能, 并且其调制和放大性能在低中频条件下比较可靠, 可以满足半导体激光自混合干涉的理论和实验研究的要求.

[参考文献]

[1] 王鸣, 聂守平, 李达成. 半导体激光器的光学反馈干涉及传感应用[J]. 中国激光, 2002, 29(12): 1122~ 1126.
 [2] 詹福如, 袁宏永, 苏国锋, 等. 光电探测器微变信号放大电路的设计和分析[J]. 火灾科学, 2001, 10(4): 238~ 240.
 [3] 梁芳, 强锡富, 孙晓明. 一种简便实用的半导体激光器调制电路[J]. 光学精密工程, 1999, 17(1): 96~ 99.



(a) 自混合干涉信号(三角波调制, 镜面与激光器距离 15.5 cm, 调制频率 140.0 Hz, 采样频率 20 k/s)



(b) 自混合干涉信号(三角波调制, 镜面与激光器距离 24.4 cm, 调制频率 120.5 Hz, 采样频率 20 k/s)

The Modulation And Amplifying Circuit Design for Laser Diode Self-mixing Interference

Wang Tingting, Li Ming, Wang Ming, Hao Hui

(College of Physical Science and Technology, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, PRC)

Abstract: In this paper, a practical modulation and amplifying circuit for laser diode self-mixing interference in the LD is presented, and the design principle is given. Besides, the signal of self-mixing interference in laser diode modulated directly by triangular waveform current has been measured.

Key words: laser diode, self-mixing interference, modulation, amplify

[责任编辑: 蓉]