

光纤耦合输出半导体激光器的可靠性检测系统*

曹军胜, 王彪

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

摘要:介绍了一种光纤耦合输出半导体激光器的可靠性测试系统。该系统基于电导数原理,能够对光纤耦合输出半导体激光器的主要光电参数、电导数曲线以及电导数参数进行快速无损检测,具有体积小、成本低等优点。

关键词: 光纤耦合输出半导体激光器; 可靠性检测; 电导数

中图分类号: TN248 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-7241(2010)10-0064-04

Reliability Test System for Fiber-coupled Semiconductor Laser

CAO Jun-sheng, WANG Biao

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033 China)

Abstract: A reliability test system for fiber-coupled semiconductor lasers is described. The system is based on electrical derivative, and is able to give the main optical parameters, electrical derivative curves, electrical derivative parameters rapidly and non-destructively. The system has advantages of small size and low cost.

Key words: fiber-coupled semiconductor laser; reliability test; electrical derivative

1 引言

半导体激光器因其体积小、重量轻、效率高、成本低等优点已经在工业、医疗、通信、军事等各个领域获得了广泛的应用^[1-10]。随着半导体激光器应用的日益广泛,如何准确、方便地检测半导体激光器的性能和质量,对其可靠性进行评价是一项非常重要的工作,具有重要的现实意义。

图1所示为一种应用于某军事领域的四路集成光纤耦合输出半导体激光器模块,内部集成4路大功率半导体单管激光器,规定其可靠性考核方法为:75℃、额定电流下2万次脉冲老化,脉冲间隔60秒;老化结束后其光功率下降不超过额定值的5%。由此可见,该模块老化测试工作量巨大,而且4路激光器中只要出现1路失效器件则整个模块即为不合格产品。

为了快速筛选出早期退化器件、提高参与老化测

试器件的成品率、降低质量成本,本文设计了一种光纤耦合输出半导体激光器的可靠性测试系统,该系统基于电导数原理,可对半导体激光器进行可靠性无损检测,快速筛选出早期退化器件。这样,只有电导数参数基本正常的器件参与老化测试,从而降低老化工作量,提高成品率,降低质量成本。

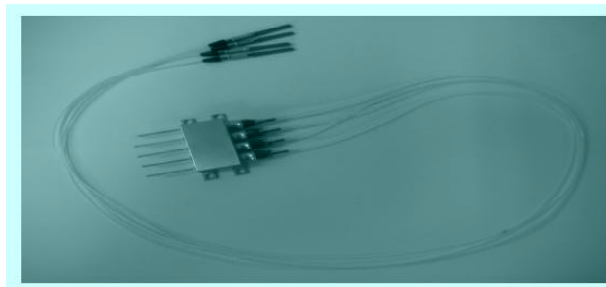


图1 四路集成光纤耦合输出半导体激光器模块

2 原理

激光器的V-I特性所直接反映出的有关器件的信息是有限的、粗略的。电导数(IdV/dI)一方面在形式上

* 基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(批准号: 61006054); 吉林省自然科学基金面上项目(编号Y1433UM110)
收稿日期: 2011-09-15

包含了对 $V-I$ 的一阶导数运算,可以反映 $V-I$ 特性的细节特征,对于器件的潜在缺陷一定比 $V-I$ 特性更为敏感;另一方面通过电导数检测方法可以提取出表征激光器特性的某些定量参数,从而使可靠性评价有了定量描述的依据,这种方法显然优于简单的 $V-I$ 检测。典型半导体激光器的电导数曲线如图2所示。由电导数曲线可以给出器件的阈值电流 I_{th} (曲线下沉位置),等效串联电阻 R_s (阈值前曲线斜率),结的特征参量 m (由 mkT/q 计算出,其中 k 为玻尔兹曼常数、 T 为测试温度、 q 为电子电量),阈值后曲线延长线在纵轴上的截距 b ,结电压饱和特性参数 h (曲线在阈值处的下沉高度)等参数,这些参数被认为与可靠性密切相关,可作为可靠性检测的判据。这样,与电老化试验相比,电导数技术就是一种快速、无损的检测方法^[11-12]。

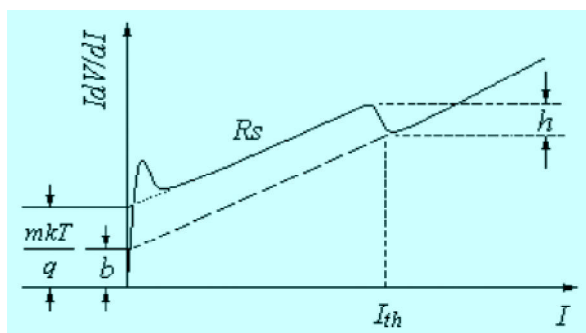


图2 半导体激光器的电导数曲线

3 系统设计

电导数曲线($IdV/dI-I$)测试的基础是数字化 $V-I$ 特性的获取。本系统采用了以单片机为前端机控制核心、以PC机为人机对话界面的设计方案,系统结构框图如图3所示,包括单片机系统、D/A转换器、压控电流源、光电探测器、差分放大器、A/D转换器以及PC机、打印机等。

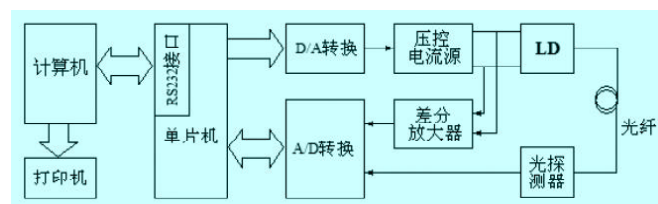


图3 系统结构框图

系统的工作原理为:单片机通过D/A转换器、压控

电流源给被测激光器提供步进扫描电流(如图4所示),同时,激光器结电压经差分放大器送入A/D转换器,激光器输出光功率经光探测器光电转换后也送入A/D转换器,通过采集每个电流值所对应的结电压和光功率,获得激光器的数字化 $V-I$ 、 $P-I$ 特性曲线。单片机将数字化 $V-I$ 、 $P-I$ 特性通过RS-232接口传到上位机后,上位机将这两条曲线通过数值微分和曲线拟合即可进一步获得电导数曲线 $IdV/dI-I$ 、光导数曲线 $dP/dI-I$ 等,并提取出各个电导数参数 m 、 h 、 b 等。如图2所示的半导体激光器的电导数曲线,该曲线可以给出器件的阈值电流 I_{th} (曲线下沉位置),等效串联电阻 R_s (阈值前曲线斜率),结的特征参量 m (由 mkT/q 计算出,其中 k 为玻尔兹曼常数、 T 为测试温度、 q 为电子电量),阈值后曲线延长线在纵轴上的截距 b ,结电压饱和特性参数 h (曲线在阈值处的下沉高度)等参数。电导数曲线及参数对器件的潜在缺陷敏感,通过电导数参数可对激光器的结特性、并联漏电通道、载流子泄漏、欧姆接触质量等与器件质量密切相关的因素进行分析,从而对器件进行质量评价和可靠性筛选。

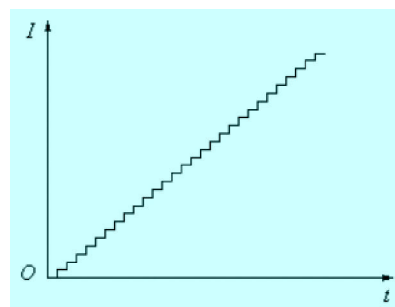


图4 步进扫描电流示意图

系统设计中需要重点关注的是压控电流源的线性度以及激光器结电压的准确测量。为了获取图4所示的步进扫描电流,压控电流源应具有较好的线性度。一种典型的线性压控电流源如图5所示,其中 V_i 为控制电压, R_s 为取样电阻, A 为反馈网络的电压放大倍数,负载电流为: $I = V_i / (A \cdot R_s)$,理想情况下 A 、 R_s 均为定值,可见负载电流 I 与控制电压 V_i 成正比。

激光器工作时的正向导通电阻较小(如零点几欧),测量激光器结电压时应考虑测量回路中导线电阻以及接触电阻,即导线电阻和接触电阻此时已不可忽略,需

采用开尔文连接方式(也称四线电阻方式)进行测试,如图6所示。

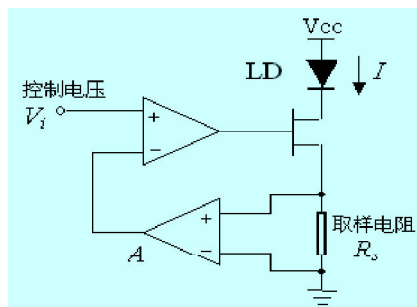


图5 压控电流源示意图

图6中, R_L 代表负载,即激光器, $R_1 - R_4$ 为导线电阻及接触电阻。与测量电路的高输入阻抗相比, R_3 、 R_4 可忽略不计,这样就准确测量了 R_L 两端电压而与 R_1 、 R_2 无关。

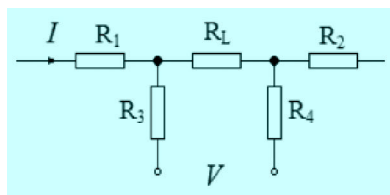


图6 四线电阻法示意图

上位机软件的设计基于 Visual Studio 集成开发环境中的 Visual C++ 语言,利用 MFC 生成文档/视图结构的应用程序框架,视图类的基类选择“CFormView”以便于 ActiveX 控件的添加,上位机与单片机的通讯就采用了 MSComm 控件。采用文档/视图结构、并将视图类的基类选为“CFormView”是个值得推荐的人机对话程序结构。因为,这种结构不仅继承了文档/视图结构的优点(如便于数据的显示、存储),而且这种视图类可以像对话框一样添加各种 ActiveX 控件,便于人机对话界面的设计,充分利用 Visual Studio 提供的各种成熟控件。

4 测试结果

图7-图9分别为3支激光器的电导数测试结果。图7所示的测试结果中,各条曲线规范, m 、 h 、 b 等参数正常,初始峰也较小,该器件应当属于高可靠性器件。图8所示测试结果虽然具有规则的伏安特性和光功率特性,

但由于漏电通道的存在使得电导数曲线有较大初始峰,进而导致该器件阈值超过同批次正常器件近百毫安,应当属于快退化器件。从电导数参数来看,该器件 m 值、 b 值和初始峰均偏大,而结电压饱和特性不好, h 值偏小。图9所示器件的 b 值为负值,这是由于器件结电压饱和特性随电流增加饱和程度降低,导致阈值后电导数曲线上弯,使 b 值变小。另外,光一阶导数曲线上的几处明显的下凹反映了该器件的光功率扭曲(kink)。该器件也属于快退化器件。

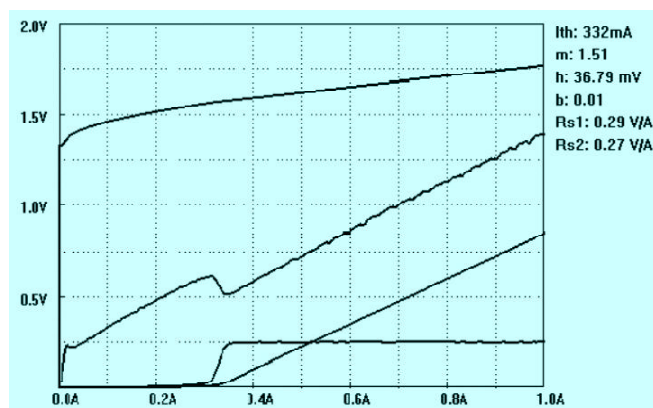


图7 典型电导数测试结果1

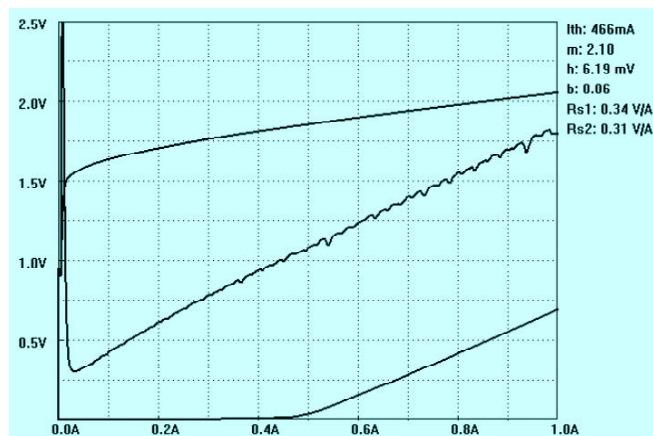


图8 典型电导数测试结果2

电导数参数作为器件可靠性的判据,其取值范围需要通过对部分器件样本进行加速老化实验来确定。首先对所选样本进行电导数测试,得到其电导数参数以及其它相关参数,然后对样本器件进行加速电老化,根据老化前后阈值电流变化率的大小,或恒定工作电流下输出光功率变化率的大小,或在恒定输出光功率

(下转第95页)

快捷。随着技术不断发展,自动化产品也不断更新,我们要跟随科技的发展,充分发挥并利用好这些技术,才能使生产自动化程度越来越高,不断提高生产效率,提高产品质量,使生产流程更加完善。

参考文献:

- [1] 崔坚.西门子工业网络通信指南[M].北京:机械工业出版社,2006.
- [2] 崔坚.西门子S7可编程控制器—STEP7编程指南[M].北京:机械工业出版社,2007.
- [3] 苏昆哲.深入浅出西门子WinCC V6[M].北京:北京航

空航天大学出版社,2007.

- [4] 龚仲华.S7-200/300/400 PLC应用技术-提高篇[M].北京:人民邮电出版社,2008.
- [5] 廖常初.西门子工业通信网络组态编程与故障诊断[M].北京:机械工业出版社,2009.
- [6] 廖常初.S7-300/400 PLC应用技术(第2版)[M].北京:机械工业出版社,2008.

作者简介:黄祖华(1983-),男,工程师,从事自动化系统设计调试工作。

(上接第66页)

下驱动电流变化率的大小,将器件进行可靠性分类,最后将电导数参数与可靠性程度对比,从而总结归纳出高可靠性或不可靠器件其电导数参数的特征。以往的实验结果表明,大部分可靠性较高的器件,其电导数曲线较为规范,有较小的初始峰、阈值电流、 m 值、 b 值,以及较大的 h 值。

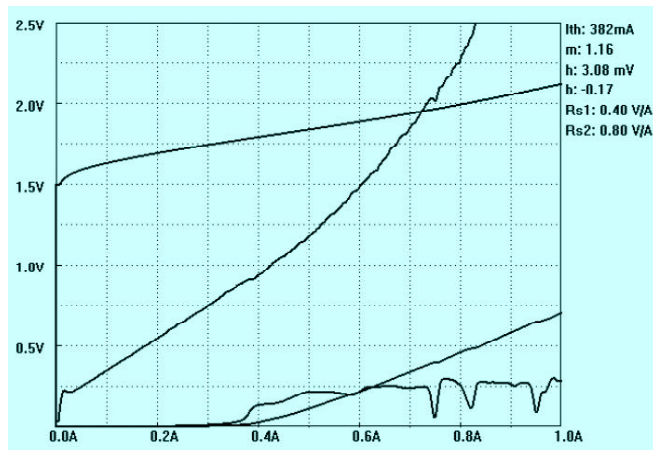


图9 典型电导数测试结果3

5 结束语

利用本系统可快速、无损地筛选出大部分的早期退化器件,经电导数测试筛选通过的器件再进行电老化,可以减少参加老化的器件的数目,从而提高老化系统的利用效率并降低老化工作量和质量成本。本系统前端机采用以单片机为核心的设计方案,具有体积小、成本低的特点,但不能脱离上位机独立运行。一种改进的方法是:采用ARM嵌入式处理器配合大屏幕的LCD显示器,则不仅可以提高数据处理能力,独立完成数值

微分、曲线拟合、参数提取等工作,而且可以直接显示测试曲线及参数,实现系统的独立化和便携化。

参考文献:

- [1] 郑祺峰,杨慎华,邓春萍等.应用Nd:YAG激光加工连杆初始裂解槽[J].光学精密工程,2010,18(1):142-148.
- [2] 王祥鹏,梁雪梅,李再金等.880nm半导体激光器阵列及光纤耦合模块[J].光学精密工程,2010,18(5):1021-1027.
- [3] 李再金,胡黎明,王烨等.808nm含铝半导体激光器的腔面镀膜[J].光学精密工程,2010,18(6):1258-1263.
- [4] 李毅,黄毅泽,王海方等.980nm半导体激光器双布拉格光纤光栅波长锁定器[J].光学精密工程,2010,18(7):1468-1475.
- [5] 王烨,张岩,秦莉等.高功率半导体激光器阵列封装引入应变的测量[J].光学精密工程,2010,18(9):1951-1958.
- [6] 王祥鹏,李再金,刘云等.半导体激光器阵列的smile效应与封装技术[J].光学精密工程,2010,18(3):552-557.
- [7] 陈洪芳,钟志,丁雪梅.激光外差干涉的非线性误差补偿[J].光学精密工程,2010,18(5):1043-1047.
- [8] 丛梦龙,李黎,崔艳松.控制半导体激光器的高稳定度数字化驱动电源的设计[J].光学精密工程,2010,18(7):1629-1636.
- [9] 冯志庆,白兰,张增宝.高能激光反射镜热变形补偿[J].光学精密工程,2010,18(8):1781-1787.
- [10] 王建军,张沛露,李岩.激光告警内场仿真试验系统的设计[J].光学精密工程,2010,18(9):1936-1942.
- [11] 李红岩,石家伟,金恩顺等.电导数测试用于大功率半导体激光器的快速筛选[J].中国激光,1999,26(6):507-510.
- [12] 王乐,刘云,吴东江.高功率激光二极管的可靠性研究[J].吉林大学学报(信息科学版),2003,21(3):212-215.

作者简介:曹军胜(1978-),男,副研究员,主要从事半导体激光器的应用研究、半导体激光器的可靠性研究工作。