

通信技术

提高半导体激光器可靠性的研究

李明亮^{1,2} 王祖朝¹ 王广祥² 朱月红²(中国地质大学(北京)信息工程学院¹,北京 100083;石家庄经济学院²,石家庄 050031)

摘要 半导体激光器广泛应用于高新技术领域,其可靠性是应用系统可靠性的关键。通过研究半导体激光器的可靠性及其规律,采用电导测试技术评价半导体激光器质量和可靠性,并在器件制造、器件筛选和器件使用三个环节提出新的提高半导体激光器可靠性的措施。

关键词 半导体激光器 可靠性 器件筛选 电导测试技术

中图分类号 TN306; **文献标识码** B

半导体激光器广泛用于光纤通信、光盘、激光打印、信息存储、医疗、测量、泵浦固体激光器、集成光学等领域。传统测试采用电老化方法进行可靠性筛选。在电老化过程中,好的器件也要经受老化的考验,器件要受到热、电冲击,使器件使用寿命缩短,代价昂贵。研究激光器的可靠性以及提高其性能对现代高新技术的发展至关重要。

1 半导体激光器可靠性

可靠性是指产品在整个寿命周期内完成规定功能的能力,包括可靠性与规定条件、时间、功能之间的关系^[1]。可靠性与寿命密切相关,但不是同一概念,不能认为可靠性高寿命就长。半导体激光器的可靠性是指在一定的条件和时间里所具有的某种性能或完成特定功能的能力。半导体激光器存在退化现象。其退化原因除温度、使用状态和环境影响外,有源区中高光功率密度(10 mW/ μm^2 以上)及谐振腔劣化所引起的退化更为重要。其退化特征有:阈值电流 I_{th} 增加,阈值增加速率越快其寿命越短;微分量子效率减少, P (光功率)- I (电流)曲线出现扭折;光束图像发生变化;调制特征变坏,光谱发生变化等。

2 电导测试技术

2.1 电导数测量原理

电导技术是研究半导体激光器特性非常有效的方法,根据半导体激光器受激发射时载流子高速复合引起结电压饱和原理,测量半导体激光器电导数曲线在阈值处下沉大小(h),同时测得阈值电流(I_{th})、结特征参量(m)、串并联电阻,以及光特性的非线性信息等。电导数就是结电压对电流 I 的微分 dV/dI 与 I 的乘积。对于半导体激光器,通常可画出等效电路图1(a)。理想情况下简化成图1(b)。作出 $dV/dI-I$ 曲线如图2。由图2知 $I=I_{th}$ 时 $I dV/dI$ 有一突变 mkT/q ,导致电导数曲线有一下沉(h),阈值下曲线斜率反映半导体激光器串联电阻(R_s)。阈值以下曲线截距为 mkT/q ,可求得结特征参量(m)。阈值以上曲线截距(b)反映限制层或结完整性不好及载流子泄漏等。

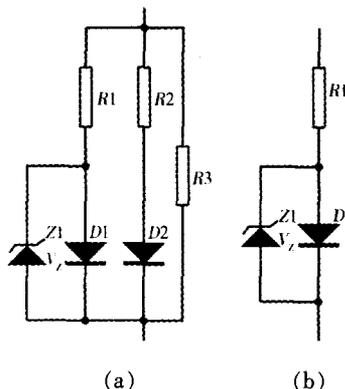


图1 LD等效电路

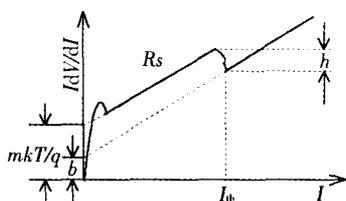


图2 LD电导数曲线

2.2 电导数测试方法

电导数测量有模拟、混合和数字三种方法。数字方法是测试的最佳手段(见图3)。其采用高精度A/D、D/A直接把器件的V-I关系输入微机,由微机进行数值微分得到 dV/dI 。这种方法只测量V-I关系,因而定标方便,并可用于脉冲测试(模拟方法和混合方法在脉冲测试时,谐波分量很大,会使锁相放大器过载而不能测量),同时它还具有微机化、智能化等优点。

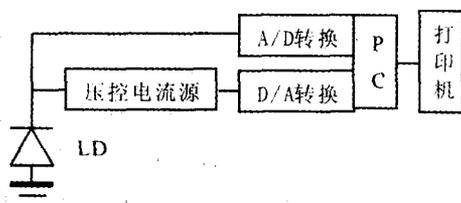


图3 数字法测LD电导数

3 提高器件可靠性的方法

器件可靠性可以在器件制造、器件筛选和器件使用三个环节进行提高。

3.1 提高器件制备水平

应选择焊接应力小、热胀系数匹配好、散热好及性能稳定的材料;腔面镀膜可以防止水汽和氧侵蚀以保护腔面,从而提高灾变阈值;化学抛光可明显减少DLD;由于量子阱材料有低的吸收损耗、高增益、低阈值和高温度稳定性,应尽量采用量子阱器件;材料生成和工艺制备过程中不涉及铝可使近腔面的非辐射复合小一个数量级,克服了激光器工作时腔面过热导致的可靠性问题;无铝的存在抑制了大功率工作时暗线缺陷的形成和位错向有源区扩展引起的器件退化^[2,3];暗斑、暗线有往高场区迁移的趋势,在器件设计上可在有源区外另加高场区,吸走缺陷^[4]。

3.2 器件筛选

电导数可以用来研究半导体激光器结特征参量、结电压饱和特性、并联漏电通道、载流子泄漏、串联线性电阻、结线性电阻(欧姆接触质量)、电流扩展、非辐射复合中心等与器件质量和可靠性密切相关的因素。根据这些参数和曲线可以计算半导体激光器可靠性、预测器件寿命,还能对器件进行质量和可靠性筛选。在出厂前通过该方法对半导体激光器进行筛选,可提高在使用过程中的可靠性,降低故障率,减少财产损失^[5]。

3.3 正确使用器件

半导体激光器的失效除其自身退化外,器件安装和人为失误也影响了器件的可靠性。半导体激光器过载有三种情况:电过载、光过载、热过载。对电路设计人员或其他工程设计人员来说,必须了解和掌握影响半导体激光器可靠性的各种应用因素及容易发生问题的那些方面。

降额使用是为了提高器件的使用可靠性和延长器件的使用寿命,必须有意地降低施加在器件上的应力(电、热、机械应力),以使实际使用应力低于其规定的额定值应力。减少元器件上所受的应力将增加可靠性,从而提高了系统的可靠性^[6]。

采用自动功率控制(APC)电路,配合适当的降额使用,在器件退化不太严重的情况下,由于电路的自动调节作用,可以延长器件的使用时间。同时为了避免由于瞬变电压造成的器件损坏,可以对半导体激光器加保护电路。

元器件的失效随温度按指数规律增加。大功率器件要有良好的散热,必要时采用强制风冷或水冷,尽量降低器件的内、外热阻。要求输出光波长稳定还要对器件进行控温^[7]。

ESD引起半导体激光器损伤,使器件立即失效的几率约为10%,而90%的器件则是引入潜在性损伤,损伤后电参数仍符合规定要求,但减弱了器件抗过电应力的能力,在使用现场容易出现早期失效。防止静电损伤的原则有两条。

(1)尽量防止和减小静电荷的产生:主要是控制工艺过程和控制工艺过程中所用材料的选择。

(2)加速静电荷的逸散泄漏,防止静电荷积累:设法加速静电荷的泄漏和中和,使静电电压不超过安全限制。

4 结论

作者通过理论研究和实际测试提出了测试半导体激光器的方法,并通过对实验数据的分析提出了提高可靠性的方法。在实际应用中必须多种手段结合实施,才能取得较好的效果。

参 考 文 献

- 1 王家纬. 半导体激光器退化及其筛选. 半导体光电, 1997;18(1): 14—19
- 2 Razeghi M. High-power laser diodes based on InGaAsP alloys. Nature, 1994;369:631—633
- 3 Kobayashi T, Furukawa Y. Recombination enhanced annealing effect in AlGaAs/GaAs remote junction. IEEE J Quantum Electron. 1979;QE-15(18):674—684
- 4 Eliseev P G. Causes and distribution of failure of semiconductor lasers. Sov J Quantum Electron, 1986;16(9):1151—1164
- 5 李红岩. 半导体激光器可靠性研究. 博士学位论文, 吉林大学, 1999
- 6 Pawlik J R, Tsann W T, Nash P R. Reduced temperature dependence of threshold of (Al, Ga) As lasers grown by molecular beam epitaxy. Appl Phys Lett, 1981;38:974—976
- 7 Swaminathan V, Anthony P J, Pawlik J R. Temperature and excitation dependence of active layer photo-luminescence in (Al, Ga) As laser heterostructures. Appl Phys, 1983;54:2623—2629

Research on Improving the Reliability of Semiconductor Laser

LI Mingliang^{1,2}, WANG Zuchao¹, WANG Guangxiang², ZHU Yuehong²

(School of Information Technology, China University of Geosciences(Beijing)¹, Beijing 10083;
Shijiazhuang University of Economics², Shijiazhuang 050031)

[Abstract] Semiconductor LD is widely used in high-tech fields. Its reliability is the key point to application system. The quality and reliability of semiconductor LD by adopting conductivity test based on the investigation of its reliability and regulation are estimated. Finally new methods to improve its reliability during the course of device produce, device screening and device use are put forward.

[Key words] semiconductor LD reliability device screening conductivity test