

大功率、宽光谱超辐射发光管的温度稳定性研究

伊小素 肖文

(北京航空航天大学,第5研究室,北京 100083)

魏铁钧

(北京世维通光通信技术有限公司 SOHO 现代城 B1707, 北京 100023)

摘要 超辐射发光管(SLD)的温度稳定性是通过芯片制作、耦合封装和应用控制三个环节实现控制. 在一定的驱动电流下,通过提高耦合效率、改善温控器件的几何参数以及器件整体的热分布参数,实现SLD大功率、宽光谱的光功率输出,出纤光功率达到 $750 \mu\text{W}/100 \text{mA}$,光谱宽度大于 40nm . 工作温度范围为 $-40 \sim +70^\circ\text{C}$,功率波动小于 2% .

关键词 SLD;光源;光纤陀螺

中图分类号 V241.5 **文献标识码** A

0 引言

超辐射发光管(SLD)作为一种宽光谱光源主要应用于光的干涉检测,例如光纤陀螺、光纤电流传感器等. SLD的光谱特性为提高光纤传感器系统的信噪比发挥了关键的作用,是目前光纤陀螺等光纤传感器的主要光源. 随着高精度光纤陀螺的研究深入,对大功率、宽光谱和全温度范围内温度稳定性高的SLD光源需求就迫切了. 提高光功率可以通过加大驱动电流来实现,但会带来温度升高、中心波长变化及光谱宽度不稳定等一系列不利因素,器件的功耗也会随之增加,给应用带来困难. 目前对SLD的应用研究多集中于芯片工艺和驱动电流的控制,SLD的特性尚未充分的发挥.

本项工作的目的就是通过提高耦合效率,改善半导体致冷器的结构和优化器件的热管理以及温控设计,实现SLD器件在应用温度范围内的温度稳定性,出纤光功率达到 $750 \mu\text{W}/100 \text{mA}$,光谱宽度大于 40nm . 工作温度范围为 $-40 \sim +70^\circ\text{C}$,功率波动小于 2% . 所达到的技术指标均在 100mA 驱动电流以下得到.

1 温度稳定性分析

同激光二极管的发光机理一样,SLD在外加电场激励下形成能级中的粒子数反转;与激光谱振荡频率不同,一般认为SLD是一种行波激光放大器,谐振条件被人为地破坏,形成一种“超辐射”状态,其光谱宽度放大. 因此,SLD的光学特性随温度的变化就非常的明显,发射功率减小,中心波长随温度增

大而增大. 作为光源,SLD的应用环境温度范围是比较大的,一般要求为 $-40 \sim +70^\circ\text{C}$,器件的温度指标直接关系到器件以至于系统的性能.

目前SLD多为双异质结的有源区,端面镀反射膜构成,也有采用多量子阱结构的有源区,光窗加反射膜的波导结构. 芯片的发光功率可达 $0.8 \sim 5 \text{mW}$. 无论何种结构,由于芯区的电流密度高,器件必须工作在有制冷器和良好散热的条件下. SLD作为光源应用,其稳定性控制应该分为三个部分:芯片的制造、耦合封装和应用条件设计,而器件的温度稳定性主要取决于后面两个环节. 图1为SLD内部的结构示意图.

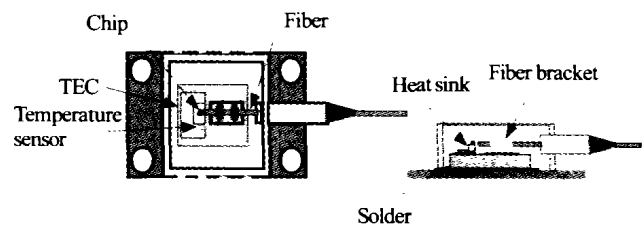


图1 蝶型封装的SLD结构示意图

Fig. 1 The scheme of 8 PINs butterfly SLD device

半导体致冷器是安放在SLD器件内部,发光芯片与测温传感器、半导体致冷器、耦合光纤集成于器件的内部,管壳采用气密封装. 在高温情况下,冷面与SLD芯片接触,保证SLD芯片工作在恒温条件下;而热面与SLD的管壳相连,通过管壳将热量散发出去. 由于管壳的封闭作用,高温的管壳会将热量又传回到芯片上. 因此,SLD器件是工作在一个混合的平衡温度场中. 由于半导体致冷器是双向工作的,在低温下工作时,致冷器反向工作,给芯片加热. 因此,器件的应用设计对于器件可靠稳定的工作同样至关重要.

2 温度稳定设计

2.1 温控热阻分析

SLD 光源的热量主要有这样:注入电流的热功耗;热沉、致冷器 TEC 及管壳的热辐射;芯片、热沉及 TEC 间的热传导. 温控的热量分析主要考虑 TEC 冷面上的热传输. 根据光源的应用条件、采用的材料有如下计算:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{active}} + Q_{\text{rad}} + Q_{\text{conv}} + Q_{\text{cond}}$$

式中 Q_{active} 为 SLD 产生的热量, Q_{rad} 为辐射的热量, Q_{cond} 为传导热量.

$$Q_{\text{active}} = V_{\text{sld}} * I_{\text{sld}} = 2 * 0.10 = 0.2 \text{ W}$$

$$Q_{\text{rad}} = F e s A (T_{\text{amb}}^4 - T_c^4)$$

$$Q_{\text{conv}} = h A (T_{\text{air}} - T_c)$$

$$Q_{\text{cond}} = k A / L D T$$

式中 A 为热传导的面积; L 为热传输的长度; K 为各种材料的导热系数; $D T$ 为温差. 对于我们所采用的材料可以由上式进行热分析和热管理, 有如下结论: 各个器件和组件的传热途径上均存在着热阻, 特别是采用焊料的过渡处. 上面的计算可以确定 TEC 的参数、致冷电流、面积等. 实验表明, 在环境温度低于 55°C 时, 热传导特性对器件影响明显; 当环境温度高于 60°C 时, 管壳热辐射对内部的温度场平衡影响加强. 因此, 对制冷面积的选择要优化. 我们采用了匹配的半导体致冷器和底面安装结构,

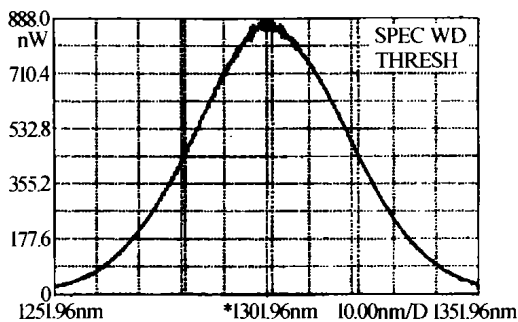


图2 SLD 光谱曲线

Fig. 2 Spectrum of SLD

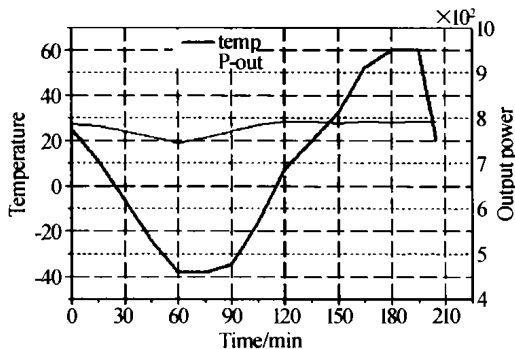


图3 温度范围的光功率变化曲线

Fig. 3 The curve of power vie temperature

使得器件可以可靠地工作在 $-40^\circ\text{C} \sim +75^\circ\text{C}$ 条件下, 而温控电流没有显著增加 ($< 700 \text{ mA}$). 图2为 SLD 的光谱曲线, 图3为全温度范围的光功率变化曲线. 值得注意的是, 在通常情况下的功率下降的趋势在我们温控的曲线上还没有体现出来, 以此断定, 温度的控制还有潜力.

2.2 优化温度控制

根据 SLD 器件的工作温度范围的要求, 对温度的控制方式、温度传感器的结构进行了调整. 我们参考半导体激光器的结构, 又根据 SLD 的大工作电流(相对于 LD 而言)的特点, 对热敏电阻的位置进行了微调; 采用脉宽调制致冷电流进行高温温度控制, 在目前的状态下达到了 0.08°C 的控制精度, 整个温度范围 ($-40^\circ\text{C} \sim +70^\circ\text{C}$) 的功率变动在 2% 以内, 参见测试曲线. 通过我们的温控, 不仅光源的功率有改善, 对中心波长和光谱宽度的稳定均有改善. 但是, 要达到 LD 所能达到的 0.01°C 的温控精度, 对 SLD 的应用条件有很高的要求, 控制仍有相当的难度.

3 总结

通过对 SLD 内部发热及传热分析, 对小型碟形封装的大功率、宽光谱 SLD 的温度稳定性进行了讨论, 在内部进行了调整设计, 调整温度传感器的位置以及综合考虑焊料、底面与制冷器的匹配等, 取得了明显的温度性能改善; 同时对应用该光源时的驱动源进行了设计. 结果表明, 我们所做的驱动、散热结构的工作, 对该器件性能的影响是非常明显的, 已应用到该器件的小批量生产, 获得了实际应用好效果.

参考文献

- 1 Mikami O. Broader spectral width InGaAsP stacked active layer superluminescent diodes. *Appl Phys Lett*, 1990, **56** (11): 987 ~ 990
- 2 Nagai H. High power, high efficiency $1.3 \mu\text{m}$ superluminescent diode with a buried bent absorbing structure. *Appl Phys Lett*, 1989, **54** (18): 1719 ~ 1721
- 3 Yin Shigang, Shu Xiaowu. Study on stability of output power of SLD used for FOG. *Optical Instrument*, 2003, **25** (4): 23 ~ 27
- 4 黄章勇. 光纤通信光电子器件和组件. 北京: 北京邮电大学出版社, 2001
Huang Z Y. Photo-electronic Devices and Subassembly for fiber optic Communications. Beijing: The Beijing University of Posts and Communications Press, 2001

- 5 孔小健,黄德修,刘德明,等. 用楔形柱面光纤微透镜耦合的 $1.3 \mu\text{m}$ SOA 组件. 光子学报, 2003, **32**(10):1201 ~ 1203
Kon X J, Huang D X, Liu D M, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2003, **32**(10):1201 ~ 1203
- 6 徐秀芳,胡晓东. 半导体激光器的功率稳恒控制技术. 光子学报, 2001, **30**(6):761 ~ 764
Xu X F, Hu X D. *Acta Photonica Sinica*, 2001, **30**(6):761 ~ 764

Research on the Thermal Stability of High Power and Broader Spectral Width Super Luminescent Diode

Yi Xiaosu, Xiao Wen

The 5th Research Institute, Beihang University, Beijing 100083

Wei Tiejun

Beijing SWT Communication Technology Co. Ltd., SOHO Town B1707, Beijing 100023

Received date: 2003-10-13

Abstract The temperature stability of the Superluminescent Diode (SLD) is controlled during three stages: fabricating the chip, fiber coupling and application. Through increasing the coupling ratio, modifying the temperature-sensor geometrical parameters and optimizing thermometric parameters of the inner device, the high output power and wide spectrum of SLD are achieved. The data concerning output power is $750 \mu\text{W}/100 \text{ mA}$ and the BFWT is better than 40 nm . The working temperature range is from -40 to $+70^\circ\text{C}$ with the output power variance less than 2% .

Keywords SLD; Light source; Fiber optic gyros



Yi Xiaosu received the B. S. degree in Physics from Shaanxi Teacher University and respectively the M. S. degree in Communication and Media Engineering from University of Applied Science, Offenburg, Germany. She has been working in the Instrumentation and Opto-Electrical Engineering College, Beihang University. Her main interests are optical sensor, devices and modules, especially fiber optic gyros. Now she is active in some national research projects, including "863" project in China.