

小型化带制冷电吸收调制激光器的研究

刘 权^{1,2} 徐红春^{1,2} 刘倚红^{1,2} 段启金^{1,2}

(¹ 光纤通信技术和网络国家重点实验室, 湖北 武汉 430074; ² 武汉电信器件有限公司, 湖北 武汉 430074)

摘要 随着光通信朝着高速、高带宽和大容量方向发展, 开发高性能的光通信用器件并减小器件的体积以降低成本变得越来越重要。电吸收调制激光器(EML)具有体积小、啁啾效应小、驱动电压低和弛豫振荡频率高等优点, 成为当前国内外长距离、高速光通信系统的理想光源。然而, EML 对温度非常敏感, 温度的微弱变化都会影响其工作的稳定性。因此, 如何使激光器输出恒定波长和稳定功率的光并延长使用寿命是一项技术难题。介绍了目前研究开发的小型化带制冷电吸收调制激光器所采用的制冷技术和两种主要器件封装技术, 就带制冷 EML 未来的发展方向做出了展望。

关键词 激光技术; 万兆以太网无源光网络; 电吸收调制激光器; 热电冷却器; 封装; 光发射组件

中图分类号 TN929.11 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/LOP48.081405

Small-Form Cooled Electroabsorption Modulated Laser

Liu Quan^{1,2} Xu Hongchun^{1,2} Liu Yihong^{1,2} Duan Qijin^{1,2}

¹ State Key Laboratory of Optical Communication Technologies and Networks,
Wuhan, Hubei 430074, China
² Wuhan Telecommunication Devices Corporation, Wuhan, Hubei 430074, China

Abstract Optical communication is heading to high speed, broad bandwidth and large capacity, and it is more and more important to develop optical devices with superior performance and lower cost. Electroabsorption modulated laser (EML) is the ideal light source in long-reach and high speed optical communication at home and abroad because of its small size, tiny chirp, low driving voltage and high relaxation oscillation frequency. However, EML is very sensitive to temperature and the slight changes in temperature will affect the stability of operation. Therefore, it is a technical problem to keep the wavelength and output power stable and extend the life of the EML. Current research and development of cooled laser and the two main device packaging technologies are introduced and a prediction on small-form cooled EML in the future is made.

Key words laser technique; 10 Gb/s ethernet passive optical network; electroabsorption modulated laser; thermoelectric cooler; package; transmitter optical subassembly

OCIS codes 140.2020; 060.2340; 230.0230

1 引言

近几年来, 光网络市场迅猛发展, 随着用户对视频点播、高清交互式网络电视(IPTV)、高速互联网、3G/4G移动回传等高速数据传输的需求不断快速增长^[1], 迫切需要提升现有光通信网络带宽。2009年, 美国电气和电子工程师协会(IEEE)批准了处于下一代光接入网领先地位的万兆以太网无源光网络(10G-EPON)标准, 以高速互联见长的10G-EPON技术应运而生, 10G-EPON产业链蓬勃发展, 各产业链厂家也适时推出相应的光模块、芯片和设备等。国内外光模块厂家如武汉电信器件有限公司等都在推出自己的10G-EPON产品^[2]。要大幅升级现有网络带宽, 就需要更高速率和性能的光器件。在此之前, 用于光通信系统重要光电器件的激光器, 因为速率不高, 发热量较小, 内部温度变化很小, 发射光的波长和输出功率受其影响也较小, 故无需采取制冷措施来维持器件内部温度的稳定, 多为无制冷激光器。然而, 随着高速、高带宽

收稿日期: 2011-03-01; 收到修改稿日期: 2011-03-18; 网络出版日期: 2011-06-02

作者简介: 刘 权(1986—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事高速光电子器件方面的研究。E-mail: liuquan@wtd.com.cn

光网络的建设,如 10G-EPON 的试商用^[3],在 10G-EPON 光缆终端(OLT)所使用的单纤双向光组件(BOSA)中,发射用 1577 nm 10 Gb/s 高速电吸收调制激光器^[4](EML),其被分配的波段为 1575~1580 nm,仅 5 nm 的波长范围^[5]。因为激光器芯片对温度极其敏感,如不采用制冷措施,将无法保证发射波长符合 IEEE 802.3av 要求。为稳定发射波长,激光器中需采用温控装置。在密集波分复用(DWDM)系统中,国际电信联盟远程通信标准化组织(ITU-T)规定的标准波长间隔为 0.8 nm 的整数倍,这对激光器发射光波长的稳定性也提出了很高要求,采用制冷措施来确保激光器发射波长满足标准是十分必要的。

2 带制冷电吸收调制激光器关键技术研究

将电吸收调制器与分布式反馈布拉格(DFB)激光器进行集成,形成 EML,既可解决 DFB 激光器在高频调制下由啁啾引起的光谱展宽及频响的弛豫振荡现象,在调制器和激光器间获得高的耦合效率和调制光的高输出功率,又降低了封装尺寸和成本,是高速光通信系统的理想光源^[6]。研究开发带制冷的 EML,面临的技术难题是如何维持器件内部温度的稳定和所采用的封装技术。对应用于高速光通信如 10G-EPON 和大容量的 DWDM 系统,要求发射用激光器输出波长具有很高的稳定性,所采用的制冷技术要具有极高的制冷效率和精确度,采用的封装技术要力求使封装引入的寄生参数小、生产工艺简单和制造成本低。

2.1 半导体制冷技术

带制冷激光器的研究和开发当中首先要面对的问题是散热,这个问题的解决主要得益于半导体制冷技术,即利用半导体材料的帕耳贴效应^[7]。图 1 为利用此原理制作的热电冷却器(TEC)示意图。在 N 型半导体材料和 P 型半导体材料构成的电偶对中通直流电后,就产生能量的转移,吸热和放热的大小是通过电流的大小以及半导体材料 N、P 的元件对数来决定的。随着半导体制冷技术的快速发展,TEC 体积越来越小、制冷率越来越高,目前开发出的薄膜 TEC 厚度仅为 0.46 mm,而且具有低功耗、高热抽运能力和快速降温能力等优点,微型高性能 TEC 为激光器的小型化奠定了基础。

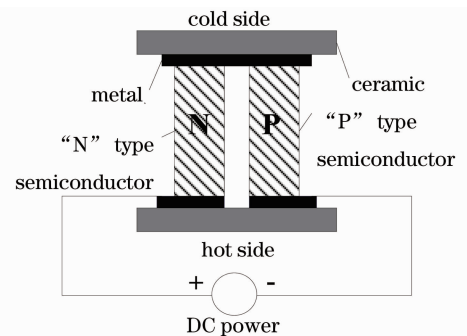


图 1 热电冷却器示意图

Fig. 1 Schematic diagram of TEC

2.2 封装技术

通常在短距离、低速率下工作的光电器件,其电学特性和光学特性的要求相对不高,因而封装设计过程中重点研究如何使封装器件小型化、低成本并考虑功能扩展等问题;对于长距离、高速调制半导体光电器件,电路连接引入的寄生参数会直接影响器件带宽,光耦合过程及由传输线引起的光反射会使半导体光电子器件的工作状态发生改变,如出现阈值变化、功率抖动和相位噪声等。因此,对波长稳定要求极高的光通信系统,其光发射器件需要使用 TEC,以维持器件内部温度的稳定。目前,主要的器件封装技术可分为蝶型及同轴两种。

2.2.1 蝶型封装

蝶型封装是为适应高性能光发射和接收组件模块的要求发展的一种新型封装技术^[8]。其主要特点有:1)管脚和陶瓷电路板分布在管壳腔体两旁的边壁上,充分利用腔内空间,节省了使用面积,为内部组装电路设计布局留下较大空间和灵活性。2)利用多层陶瓷板增加了线路布局与功能,提高了封装器件的电学和光学性能。3)管脚引线从两旁引出来,减少了连接线长度,且改作扁平形状,方便使用时的连接、检测和安装焊接^[9]。然而,在对传统的蝶型激光器运用网络分析仪进行小信号频率响应测试的时候,需要一个专门的测试夹具来实现同轴电缆到共面微带线的端口转换,这使得测试系统有些复杂,于是就出现一种改进的带同轴射频(RF)转接头的蝶

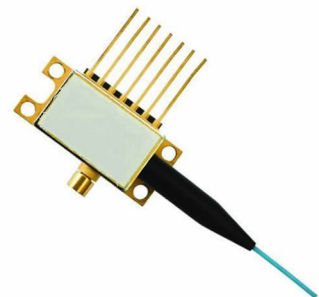


图 2 蝶型 EML

Fig. 2 EML in butterfly package

型封装管壳。图 2 所示是一款高速带同轴 RF 转接头的蝶型封装带制冷激光器。然而,这种封装技术有不少缺点,如封装工艺比较复杂、成本高和体积较大。

2.2.2 同轴封装

同轴封装是指封装用的零部件按照轴线重合设计和加工的器件封装技术。这种封装的寄生参数小、工艺简单、成本低和使用方便灵活,在工业技术上也比较成熟,多应用在包括同步数字体系(SDH)光传输系统、以太网传输和光纤接入网中。因为内部空间小,多为无制冷器件,不适合高速器件,但由于在成本上的极大优势和封装技术的大幅提高,出现了如图 3(a)所示的同轴矩形 TO-CAN 速率高达 10 Gb/s 的带制冷激光器^[10],其尺寸符合 XMD-SMA^[11]。

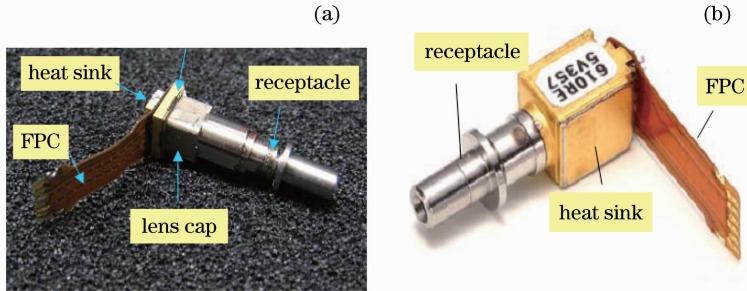


图 3 (a) 矩形 TO-CAN TOSA; (b) 传统方盒型 TOSA

Fig. 3 (a) Rectangle TO-CAN TOSA; (b) conventional box-type TOSA

图 3(b)是传统方盒型光发射组件(TOSA),可以看出矩形 TO-CAN TOSA 与传统 TOSA 高度相容,因而可以直接用于光收发一体模块而无需修改其机械设计。因其速率均较高,产生的热量较大,所以均使用了 TEC。同传统带制冷 TOSA 一样,矩形 TO-CAN 封装 TOSA 由 TEC 产生的热量通过 TO-CAN 和热沉传导到模块外壳(如图 4 所示)。采用矩形 TO-CAN 并且通过优化传输线的耦合模式已经开发出了在温度 90 °C 时 TEC 的功率消耗仅 0.6 W 和光输出波形在速率为 10.7 Gb/s 时眼图模板裕量高达 24% 的制冷 TOSA。图 5 分别显示了矩形和传统的 TO-CAN 封装安装 TEC 的平面图,从图中可看出,矩形 TO-CAN 比常规圆形 TO-CAN 安装 TEC 面积大,因而可以更灵活地选择高效 TEC。

2010 年上半年出现了如图 6 所示的用于 10G-EPON OLT 端的 BOSA,发射使用的是 1577 nm 带制冷的 EML。激光器采用与图 3(a)所示矩形 TO-CAN TOSA 相似的方形 TO56 底座和散热方式。不同的是,在 TO 的密封工艺上,图 6 所示器件采用蝶型器件的封盖方式,而非同轴器件的封帽方式。

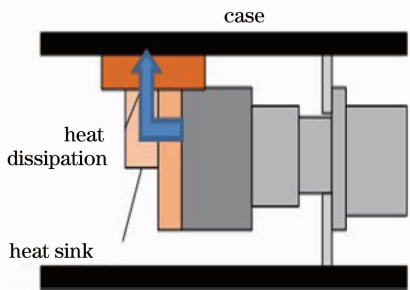


图 4 散热原理图(矩形 TO-CAN)

Fig. 4 Schematic drawing of heat dissipation (rectangle TO-CAN)

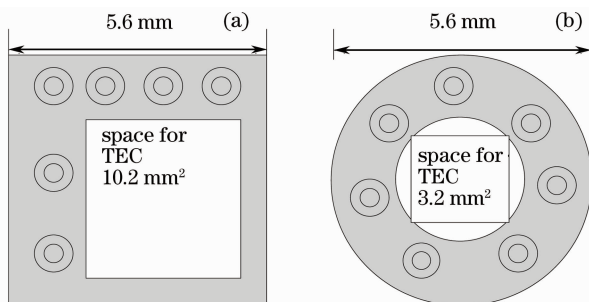


图 5 (a) 矩形和 (b) 传统的 TO-CAN 的 TEC 安装区域

Fig. 5 Mounting area for TEC of rectangular (a) and conventional (b) TO-CAN

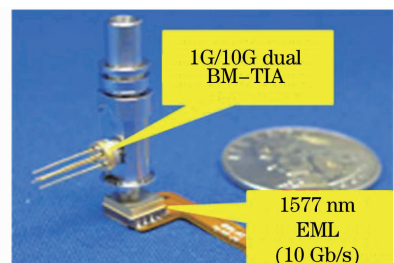


图 6 同轴带制冷激光器用于 10 G-EPON OLT 端 BOSA 的外形图

Fig. 6 10 G-EPON OLT BOSA with a coaxial cooled EML

2010年下半年,圆柱状带制冷 EML 发布[如图 7(a)所示],其 TO 底座是用高热导率 CuW 材料制成的圆形 TO56,散热方式采用圆形 TO 底座直接通过散热片与模块管壳接触的方式。

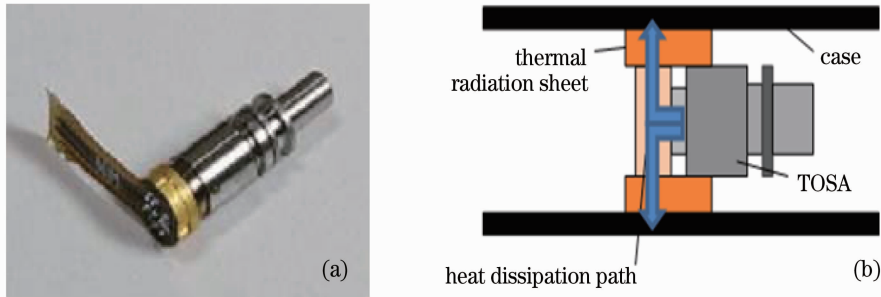


图 7 (a)圆柱状同轴带制冷激光器(图片来源于 Sumitomo);(b)圆柱状同轴带制冷激光器散热图(图片来源于 Opnext)

Fig. 7 (a) Cylindrical coaxial cooled TOSA (source from sumitomo); (b) heat dissipation drawing of cylindrical coaxial cooled TOSA (source from Opnext)

3 结 论

目前,光通信正朝着长距离、高速、超大容量波分复用(WDM)、光时分复用(OTDM)以及全光网等方向发展,光纤通信用光电器件将在未来的光通信网中发挥重要作用,因而各国从事光电子器件的研究和开发者都在奋力开发各种高性能器件,研究其材料及工艺,在提高性能的同时降低成本。随着 10G-EPON 在国内的逐步实施和 WDM 的应用从骨干网扩展到城域网和接入网,高速、高性能带制冷 EML 将具有广阔的市场前景。伴随技术的快速进步,激光器阈值将逐渐降低,同时封装技术的进步将使带制冷 EML 朝着小型化、高速、生产工艺简单和低成本方向发展。

参 考 文 献

- 1 Broadcom推出业界首款以太网无源光网络 SoC 解决方案[EB/OL], 机电在线, <http://www.jdol.com.cn/jdnews/303067.html>,2011-01-27
- 2 彭 磊. 10G-EPON 产业链已准备就绪[EB/OL], 中国通信网, <http://www.c114.net/ftth/317/a509393.html>,2010-05-24
- 3 于尚民. 试商用进展顺利 10G-EPON 开始驶入快车道[EB/OL], 赛迪网, http://news.ccidnet.com/art/1032/20091014/1908781_1.html,2009. 10. 14
- 4 Hu Xiaohua, Li Baoxia, Zhu Hongliang *et al.*. Monolithic integration of electro-absorption modulators and DFB lasers by modified double stack active layer approach[J]. *Chinese J. Semiconductors*, 2004, **25**(5): 481~485
- 5 IEEE 802.3av[S]. <http://www.ieee802.3.org/3/av/>
- 6 Zhu Ninghua. Microwave Design and Characterization of Optoelectronics Devices and Packaging[M]. Beijing: Science Press, 2007. 64~85
祝宁华. 光电子器件微波封装和测试[M]. 北京: 科学出版社, 2007. 64~85
- 7 Yang Mingwei, Xu Wenhai, Tang Wenyan. The equivalent circuit simulation and analysis of thermoelectric cooler[J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2007, **36**(2): 281~285
杨明伟, 许文海, 唐文彦. 热电制冷器的等效电路模拟与分析[J]. 红外与激光工程, 2007, **36**(2): 281~285
- 8 Charles A. Harper. Electronic Packaging and Interconnection Handbook[M]. Jia Songliang, Cai Jian, Shen Zhuoshen Transl., Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2009. 577~582
Charles A. Harper. 电子封装与互联手册[M]. 贾松良, 蔡 坚, 沈卓身译, 北京: 电子工业出版社, 2009. 577~582
- 9 Huang Zhangyong. Optoelectronic devices and subassembly in optical communication [M]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications Press, 2001. 225~230
黄章勇. 光纤通信用光电子器件和组件[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2001. 225~230
- 10 Norio Okada, Toshitsugu Uesugi, Akihiro Matsusue *et al.*. Cost-effective 10.7 Gbit/s cooled TOSA employing rectangular TO-CAN package operating up to 90 °C[C]. OFC, 2010, JWA38
- 11 10 Gbit/s Miniature Device Multi Source Agreement, <http://www.xmdmsa.org/>