

37.5Gbit/s 并行光发射模块的研制*

唐君[†] 陈弘达 裴为华 贾九春 周毅

(中国科学院半导体研究所 集成光电子学国家重点联合实验室, 北京 100083)

摘要: 制作并测试了 12 信道总传输速率为 37.5Gbit/s 的高速并行光发射模块, 其中单信道传输速率为 3.125Gbit/s. 模块采用波长为 850nm 的垂直腔面发射激光器 (VCSEL) 作为光源. 耦合过程采用了一种利用倒装焊设备进行激光器阵列与列阵光纤之间的无源对准耦合的方法. 在单信道 8mA 的工作电流下, 可以得到 3.125Gbit/s 的清晰眼图.

关键词: 并行光传输; 12 信道光纤阵列; 垂直腔面发射激光器; 模块
EEACC: 6260

中图分类号: TN303 文献标识码: A 文章编号: 0253-4177(2007)S0-0533-03

1 引言

现有的同步光网络系统是按长距离骨干网设计的, 采用的是比较昂贵的串行光发射和接收设备, 而短距离光传送方式与骨干网有很大的不同, 由于距离较短, 可以不必考虑复杂的光纤线路设计, 如色散和非线性等问题, 不需要解决光放大等中继问题, 对光源的要求也相应降低. 此时再采用串行光传送设备显然代价太高, 针对短距离的高速大容量的信息传输, 人们尝试着采用并行光传输的方式. 与串行光传输方案相比, 并行模式可以降低每根光纤上的传送速率, 相应降低对光器件的要求, 有利于减少连接成本. 而基于垂直腔面发射激光器 (VCSEL) 的并行光发射模块, 具有高速率、低成本的特点, 现已成为传输速率超过 10Gb/s, 传送距离小于 600m 的短距离高速率光传输领域中最具竞争力的解决方案之一.

基于 VCSEL 的并行光发射模块是指将包括激光器阵列、激光器阵列驱动电路、保证激光器阵列安全稳定工作的控制电路及其他光学器件集成在一个管壳中, 将电信号转换成光信号的器件. 它具有速率高、体积小、功耗低的特点^[1].

VCSEL 是并行光发射模块的重要组成部分, 它是一种光从垂直于半导体衬底表面方向出射的半导体激光器, 可以在与衬底平行的方向上并行排列多个激光器. VCSEL 具有低阈值、易于测试、易与光纤进行高效率耦合的特点, 这些结构和特性使得

VCSEL 非常适用于并行光传输以及并行光互联等领域.

2 VCSEL 的光电特性

基于 VCSEL 的并行光发射模块采用了波长为 850nm 的 12 信道氧化限制型 VCSEL 列阵作为光源. 我们在对 1×12 VCSEL 列阵的稳态特性和动态特性具体分析的基础上, 进行了相关特性的测试, 包括 $L-I-V$ 特性测试, 光谱特性测试和小信号频率响应测试. 图 1 为 12 信道 VCSEL 列阵的光功率-电流-电压 ($L-I-V$) 特性曲线, 从图中可以看到, VCSEL 列阵具有优良的光电特性并具有良好的 consistency, 12 个 VCSEL 单元的阈值电流均控制在 4mA 以下, 在工作电流为 8mA 时输出光功率为 1mW.

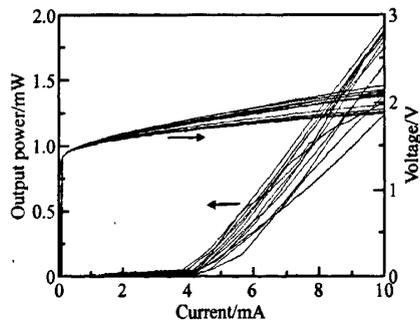


图 1 12 路 VCSEL 列阵的 $L-I-V$ 特性曲线

Fig. 1 Typical $L-I-V$ curves for the 1×12 VCSEL array

* 国家高技术研究发展计划 (批准号: 2001AA312080, 2003AA312040) 和自然科学基金 (批准号: 60377011) 资助项目

[†] 通信作者. Email: junt@red.semi.ac.cn

2006-12-12 收到, 2006-12-28 定稿

图 2 为 12 路激光器的激光光谱. 我们可以看到, 12 路 VCSEL 的中心波长集中在 837~839nm, 它们的光功率具有良好的一致性.

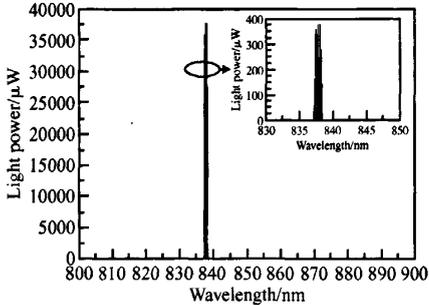


图 2 12 路 VCSEL 激光发光光谱

Fig. 2 Light-emitting spectrum from 1×12 VCSEL array

3 模块的结构及制作

图 3 为基于 VCSEL 的并行光发射模块的主要组件, 包括一个 1×12 VCSEL 阵列、VCSEL 阵列驱动电路芯片^[2]、高速印制电路板、带有 MT 接头的带状光纤接口及金属封装盒等.

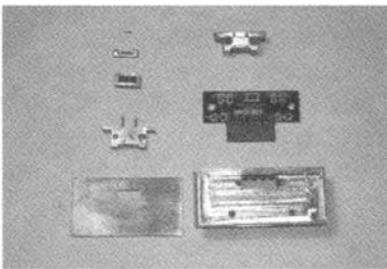


图 3 并行光发射模块主要组件

Fig. 3 Components of the module

模块的制作分为如下几个基本步骤: 首先, 用导电胶把 VCSEL 阵列粘在金属基座上, 同时把驱动电路安放在制作好的高速印刷电路板 (PCB) 的相应位置上, 然后把 PCB 固定在金属基板上. 1×12 VCSEL 阵列和 12 信道驱动电路芯片各自间距均为 250 μ m, 直接通过金丝压焊相连^[3]. 压焊时为了得到高的调制速率, 应该尽可能缩短金丝长度以减小寄生参数的影响. 接着进行阵列光纤和 1×12 VCSEL 阵列的耦合对准, 耦合对准的重点是应尽量降低耦合损耗. VCSEL 阵列的单个激光器的出光孔孔径为 10 μ m, 发散角为 15°, 间距为 250 μ m, 为了提高耦合过程的工作效率, 我们采用一种用倒装焊设备进行无源耦合对准的方法.

准备一副带有可以与标准 MT 头上的插孔对应的精密插针的列阵探测器基座, 然后将 VCSEL 阵列用导电胶固定在一个护托上, 然后将它与带有精密插孔的列阵光纤 MT 头在对准精度可以达到一个微米的倒装焊设备上面实现对准, 并在倒装焊设备上作临时固定. 然后利用 MT 头上的插孔和基座上插针的精密配合, 将 VCSEL 阵列转移并精确定位到插针之间, 作永久固定, 至此便完成了探测器阵列与列阵光纤之间的无源耦合.

对准完成以后, 根据需要, 带 MT 头的列阵光纤可以从插针上拔下, 当需要进行光耦合的时候再插上, 对耦合的效果几乎没有影响, 目前这种耦合方式的平均耦合效率可以达到 70% 以上, 满足目前并行光发射模块的需求.

这样我们通过贴片、对准、转移、定位四个标准程序完成整个光发射模块的光耦合, 与有源耦合需要不断地调整激光器与光纤阵列的相对位置相比, 极大地简化了耦合过程, 提高了耦合的可靠性与稳定性.

最后, 为了增加系统稳定性和得到更好的信号完整性, 把所有电学和光学元件封装在设计好的金属屏蔽盒中, 封装结构采用小型可插拔技术.

4 模块的主要特性

我们对光发射模块的小信号和大信号特性进行了分析与测试, 得到了比较优良的结果. 测试时, 用高速信号发生器产生射频信号, 与适当直流偏置耦合后加到光模块的信号输入端, 使其通过驱动电路芯片对 VCSEL 进行高频调制, 并使用标准探测器 (NEW FOCUS Model1580) 作为接收器件, 对模块的 12 路扇出光纤的光信号进行逐一测试, 图 4 为使用标量网络分析仪 (HP8757C) 得到的光发射模块典型的小信号频率特性, 从图中可以得到, 模块的单信道 3dB 调制带宽可以达到 3.91GHz.

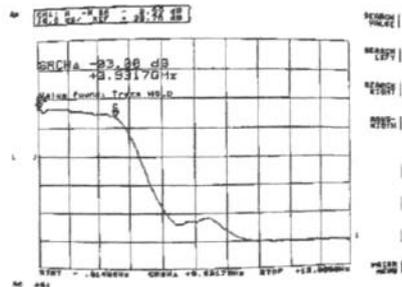


图 4 光发射模块单信道小信号频率特性测试

Fig. 4 Small-signal frequency response for one channel of the module

图5为光发射模块单信道3.125Gbit/s的眼图。测试时由码型发生器(Advantest D3166 Pulse Pattern Generator)产生 $2^{31}-1$ 的伪随机比特流通过其数据输出端送至光发射模块的信号输入端,经光发射模块完成电信号到光信号的转化,再由标准探测器(New Focus Model1580 12-GHz Photoreceiver)将光信号转换成电信号后传送到高速示波器(Agilent Infiniium DCA 86100A)的输入端,同时码型发生器输出数据流触发水平扫描,得到眼图信号,从图中可以看出,单信道VCSEL工作在直流偏置为8mA时,可以得到3.125Gbit/s的清晰眼图。

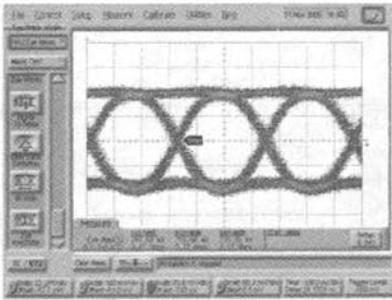


图5 光发射模块单信道3.125Gbit/s眼图测试

Fig. 5 Eye diagram for the module at 3.125Gbit/s

5 结论

本文介绍了基于VCSEL的单信道3.125Gbit/s,并行12信道37.5Gbit/s光发射模块的制作以及光发射模块的小信号和大信号特性。模块单信道3dB调制带宽约为3.9GHz,并可以得到3.125Gbit/s的清晰眼图。模块采用了小型可插拔技术,具有高速率、低功耗的特点,在短距离光传输系统中具有广泛的应用前景。

参考文献

- [1] Hunziker S. VCSEL-based transmitters for parallel data communications. *Lightwave*, 2001, 18(3): 154
- [2] Prather D W, Venkataraman S, Lecompte M, et al. Optoelectronic multichip module integration for chip level optical interconnects. *IEEE Photonics Technol Lett*, 2001, 13 (10): 1112
- [3] Park Yong-Hee, Hussein Y A, El-Ghazaly S, et al. Effects of bonding-wire interconnect on electrically tunable microstrip antennas. *IEEE Antennas and Propagation Society, AP-S International Symposium (Digest)*, 2003, 2, 679
- [4] Cook C, Cunningham J E, Hargrove A, et al. A 36-channel parallel optical interconnect module based on optoelectronics-on-VLSI technology. *IEEE J Sel Topics Quantum Electron*, 2003, 9(2): 387

Manufacture of 37.5Gbit/s Optical Transmission Modules*

Tang Jun[†], Chen Hongda, Pei Weihua, Jia Jiuchun, and Zhou Yi

(State Key Laboratory on Integrated Optoelectronics, Institute of Semiconductors, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The 12-channel parallel optical transmitter with each channel's data rate up to 3.125Gbit/s was designed and measured. An 850nm vertical cavity surface emitting laser (VCSEL) array was adopted as the light source. we developed a new technology using jointing machine to couple the VCSEL array with fiber array without power supply. The eye diagram at 3.125Gbit/s was achieved with the optical output more than 1mW at operating current of 8mA.

Key words: parallel optical transmission; 12-channel fiber array; VCSEL; modules
EEACC: 6260

Article ID: 0253-4177(2007)S0-0533-03

* Project supported by the National High Technology Research and Development Program of China (Nos. 2001AA312080, 2003AA312040) and the National Natural Science Foundation of China (No. 60377011)

[†] Corresponding author. Email: junt@red.semi.ac.cn

Received 12 December 2006, revised manuscript received 28 December 2006

©2007 Chinese Institute of Electronics