

30Gbit/s 并行光发射模块制作过程中的 光耦合及封装*

裴为华 唐 君 申荣铉 陈弘达

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

摘要: 介绍了并行光发射模块制作过程中, 垂直腔面发射激光器阵列与列阵光纤的对准及固定方法. 对斜面光纤折弯耦合和垂直耦合两种方法进行了实验研究, 得到的平均耦合效率均达 70% 以上. 比较了两种耦合方式的利弊. 针对列阵光纤耦合的特点, 介绍了列阵光纤耦合过程中光纤的位置、角度的调整方法和特点.

关键词: 垂直腔面发射激光器; 并行光发射模块; 列阵光纤; 耦合

EEACC: 6260

中图分类号: TN495

文献标识码: A

文章编号: 0253-4177(2005)S0-0208-04

1 引言

并行光发射和接收技术作为高速大容量光传输的实现方案之一, 在技术和成本上占有相当的优势. 它利用中高速光电技术, 依靠信道的重复来取得高速率、大容量的传输. 特别是在短距离的通信, 如大型通信系统中背板与背板间的互联以及局域网内的数据传输等场合, 并行光通信技术体现出更多的优点, 如传输速度快, 体积小, 重量轻, 串扰小等.

在这些并行光传输系统的制作过程中, 并行光电器件之间的光耦合是一个比较关键的环节, 耦合的方式和效果将直接影响到器件的制作成本以及性能. 包含有多个信道的光器件之间耦合, 除了需要解决单信道光器件耦合中遇到的问题, 如光束模式匹配、回馈光的影响等, 还需要考虑信道之间的串扰、各信道耦合效率的差异以及各信道输出光功率的一致性.

与单信道的光发射模块相比, 并行光发射模块中器件密度要高出许多, 这无论是在串扰隔离、信号屏蔽还是在散热、密封方面都给该器件的光电封装带来较大的困难.

本文将介绍一个 12 信道、30Gbit 高速并行光发射模块制作过程中列阵光纤与列阵激光器之间的

光耦合和封装.

2 器件的组成及结构

本文所涉及的是一个拥有 12 个光信道, 每个信道传输速率可达 2.5Gbit/s 的光发射模块. 信号光源采用的是 1×12 的垂直腔面发射激光器 (VCSEL) 列阵, 光调制采用直接电流调制方式, 驱动电路采用的是我们合作单位东南大学研制的专用集成电路芯片. 发射模块的光输出采用一个带 MTP/MPO 型光纤连接器的 12 芯带状光纤作尾纤, 该尾纤可以通过直接插拔的方式与传输光纤或接收模块相连.

发射模块的结构如图 1 所示, 驱动电路芯片依靠导电胶烧结在多层高速电路板上 (PCB). 由于采用的是未经封装的芯片, 驱动电路和 PCB 板之间的连接是通过金丝压焊实现的. 激光器和电路板都安放在一块由黄铜制作的底座上, 为了保护激光器芯片, 避免对准过程中光纤阵列过分接近激光器造成对激光器的损伤, 激光器芯片安放在底座上一个深度略大于激光器芯片厚度的凹槽中. 该底座除了可以用来承载 PCB 板及作为激光器的热沉, 还可以用来装配固定尾纤的支架.

* 国家高技术研究发展计划资助项目 (批准号: 2001AA312080, 2002AA312240, 2003AA312040)

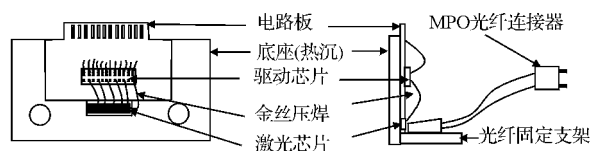


图1 并行光发射模块示意图

Fig.1 Sketch map of the transmitter module

3 列阵光纤与 VCSEL 列阵激光器的耦合

和边发射激光器不同的是, VCSEL 的出光方向不是和激光器所在的芯片处于同一个平面, 而是垂直于芯片所在平面。这样, 除非对光路进行折弯或利用柔性电路板直接将激光器垂直于电路板放置, 和它耦合的光纤将与电路板垂直, 这将给封装带来一定困难。尽管经过折弯后的耦合可以使光纤与电路板处于同一平面, 具有更易于对准观察, 降低光纤固定的难度, 减小封装体积等优点, 但垂直耦合可以实现光纤的直接端接, 在降低成本和减少光损耗方面有一定的优点。鉴于以上两种耦合方式的特点, 对两种耦合方法都进行了实验研究, 其中折弯耦合采用的是光路折弯的方式, 即采用带 45° 大斜面的多模光纤, 从光纤侧面进光, 经过抛磨面的反射进入光纤, 如图 2 所示。对两种方法进行比较的结果见表 1。可以看出, 尽管折弯耦合在对准观察和封装体积方面占有优势, 但比起其他三方面不足来说这些方面的优势并不明显。特别是斜面反射的带状光纤的研磨和列阵制作比较困难, 因此我们最终确定了垂直耦合的方式。

图2 斜面反射光纤和 1×12 VCSEL 列阵激光器芯片

Fig.2 Slant face fiber and VCSEL array chip

表1 斜面光纤折弯耦合和垂直耦合方式的比较

Table 1 Comparison between side-couple with slant face fiber and end-face couple

耦合方式	带状光纤制作	加工成本	平均耦合效率/%	对准观察	封装体积
折弯耦合 (斜面光纤)	困难	高	70	容易	小
垂直耦合 (普通光纤)	容易	低	80	困难	大

在垂直耦合方式中, 所用的带状光纤是一头带有 MPO 插头, 另一头已做成间距 $250\mu\text{m}$, 1×12 的 $62.5/125\mu\text{m}$ 多模光纤阵列, 即标准的 12 芯多模 MT 头, 为了增大回馈光损耗, 减小回馈光对激光器输出信号的影响, 对 MT 所在一头的光纤作了斜 8° 的研磨处理。所采用的 VCSEL 激光器阵列芯片的发光单元间距为 $250\mu\text{m}$ (图 2), 芯片尺寸为 $2800\mu\text{m} \times 250\mu\text{m} \times 125\mu\text{m}$, 出光孔直径为 $10\mu\text{m}$, 光束发散角为 12° 。工作波长为 850nm , 最大输出功率可达 $2 \sim 2.5\text{mW}$, 在进行有源耦合的过程中, 激光器的发光功率被调整在 1mW 。为了使列阵光纤可以充分的接近 VCSEL 列阵芯片, 光纤的 MT 头被加工成楔形, 这样既可以避开光纤在接近 VCSEL 芯片时对压焊金丝的影响, 又为对准观察提供了方便。

通电检查烧结和压焊好的激光器的发光情况, 通过电路板上的电位器调整驱动电流, 使其输出光功率在 1mW 左右, 并使各路激光器的发光亮度保持一致。图 3 是有源耦合的示意图^[1]。列阵光纤 MT 头安放在一个六维调整支架上, 和需要对准的激光器及其驱动电路通过俯视图的显微镜观察对准。经加工的 MT 头除了在 y 方向上变薄, 可以不影响压焊金丝外, 在 x 方向上也变得和激光器等宽, 这样光纤和激光器在 x 方向和 z 方向上的对准通过显微镜的俯视图观察得以实现。同样, 列阵光纤在 y 平面内的转动也可以通过显微镜观察激光器的出光面和列阵光纤出光面在 x 方向上的平行度, 获得大致适当的角度。对于单根光纤来说, 光纤绕 z 轴的旋转对耦合效率是没有影响的, 但列阵光纤不同, 光纤的绕轴旋转会带来不同光单元之间耦合的差异, 其中, 这样的旋转所引起的耦合效率差别以头尾两个信道之间为最大。因此选择监测 1 和 12 路的输出光功率, 并通过光纤在 y 方向移动过程中, 1 路和 12 路光功率的升降趋向判断调整方向; 由于发射模块自身其他元件的阻挡, x 方向上的观察不可行, 六维中的其余两维, 即 y 方向上的定位和光纤绕 x 轴的角度定位都要通过参考功率计的示值作适当调整, 直到达到最佳的输出耦合效率。最终得到耦合后 12 路光纤各自的输出功率, 如图 4 所示, 可以看出较好的耦合效率可以达到 90% 左右, 平均耦合效率可以达到 80% , 从各个光纤耦合输出功率的分布来看, 并没有出现头尾功率差别较大的现象, 说明光纤的耦合角度适当, 各路耦合的一致性也比较好, 没有低于 $700\mu\text{W}$ 的。这对该光发射模块的应用传输距离——

300m,从功率要求上完全可以满足.

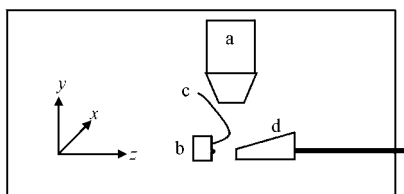


图 3 有源耦合示意图 a:显微镜;b:VCSEL;c:压焊金丝;d:光纤

Fig. 3 Sketch map of active-coupling a: Microscope; b: VCSEL; c: Gold line; d: Fiber

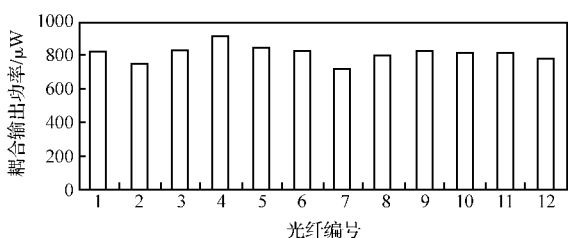


图 4 有源耦合各路输出功率

Fig. 4 Power export from each channel of the ribbon fiber

4 光纤的固定与模块的封装

当对准达到最佳效果后,在光纤的 MT 头和承载光纤的底座上(参考图 1)点胶,为方便对准,光纤和承载底座之间的间隙比较大,因此要求胶应该具有较大的粘稠度和较小的固化收缩率,我们选择了 Loctite 公司出产的型号为 E-00NS 的树脂胶,取得了很好的效果.而通常对准单根光纤所用的紫外胶在这里的使用则很不理想,固化以后对准效率下降较多,且不能牢靠的固定光纤,尾纤向不同方向的弯曲都会引起功率的大幅波动.

胶固化后并测试输出功率,在 MT 光纤的根部套上热缩管并采用压片将 MT 光纤的根部固定在光纤的承载底座上,以增加耦合的可靠性.最后将整个电路用黄铜盖板密封起来,只露出制作在电路板上的电接口和列阵尾纤,为高速电路的工作提供电

磁屏蔽,保护驱动芯片和激光芯片的可靠性.同时,与底座紧密接触的铜质外壳为激光器提供了体积更大的热沉和散热面积,有利于激光器的长时间可靠工作.

经过初步的信号传输测试,该并行光发射模块的单路平均传输带宽可以达到甚至超过 2.5GHz,整个模块 12 路并行发射速度可以达到 30Gbit/s,如图 5 所示.有关传输信号方面的测试结果我们将在其他文献中作详细的报道,此处不再赘述.



图 5 模块实物照片

Fig. 5 Photograph of the module

5 小结

报道了并行光发射模块制作中列阵光纤和垂直腔面发射激光器之间的耦合以及封装工艺,得到了平均耦合效率达到 80%,单路平均输出功率达 $800\mu\text{W}$,单信道传输带宽可达 2.5GHz 的 12 路并行光发射模块器件.

参考文献

- [1] Bo Baoxue, Qu Yi, Gao Xin, et al. High-power LD arrays with fiber output coupling. Journal of Optoelectronics · Laser, 2001, 12(5): 468 (in Chinese) [薄报学, 曲轶, 高欣, 等. 高功率阵列半导体激光器的光纤耦合输出. 光电子·激光, 2001, 12(5): 468]

30Gbit/s Optical Coupling and Package in a Parallel Optical Transmitter Module Development *

Pei Weihua, Tang Jun, Shen Rongxuan, and Chen Hongda

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

Abstract: Coupling and package method in developing a vertical cavity surface emit laser array based parallel optical transmitter is introduced in this article. Two coupling method, named as slant-face side coupling and vertical-face end coupling respectively, are described and compared. The characteristic of the ribbon fiber coupling to VCSEL array is analyzed. A coupling efficiency of more than 70 percent can obtained form both methods.

Key words: VCSEL; parallel optical transmitter module; ribbon fiber; couple

EEACC: 6260

Article ID: 0253-4177(2005)S0-0208-04

* Project supported by the National High Technology Research and Development Program of China(Nos. 2001AA312080, 2002AA312240, and 2003AA312040)