

文章编号: 1004 - 0609(2004) S1 - 0394 - 04

光通信用 10 Gbit/s 激光器模块及关键技术^①

祝宁华, 谢 亮

(中国科学院 半导体研究所, 北京 100083)

摘 要: 由于芯片封装成器件后频率响应会降低, 介绍了 10 Gbit/s 系统用的激光器和探测器的封装技术来封装芯片。通过研究发现, 通过金丝电感可以补偿芯片和热沉的寄生电容, 从而使封装后的器件频率响应有所改善。利用此封装技术, 实现了 3 dB 调制带宽为 10.5 GHz 的 TO 封装激光器。并在此基础上, 研发了 10 Gbit/s Transponder, 且此 10 Gbit/s Transponder 的测试性能完全满足 MSA 和 ITU-T 规范, 符合应用要求。

关键词: 光通信; 激光器; 封装; 光收发模块; 10Gbit/s

10 Gbit/s laser module and key technique for optical communication application

ZHU Ning-hua, XIE Liang

(Institute of Semiconductors, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083, China)

Abstract: Usually, the magnitude of the transmission coefficient of the packaged laser module is lower than that of the laser diode. The packaging techniques for laser diodes and photodiodes for 10 Gbit/s applications was introduced. The results show that the response of the laser module can be superior to that of the laser diode at some frequencies. The improvement was based on the compensation of bonding wire inductance to the parasitic capacitance in both the submount and the laser diode. TO packaging techniques can achieve a frequency bandwidth of over 10.5 GHz for TO laser module, 15.5 GHz for butterfly laser module and 16.5 GHz for TO photodetector. The 10 Gbit/s Transponders was also developed, and the results of measurements show that the transponders can meet the requirements of MSA and ITU-T.

Key words: optical communication; laser diode; photodiode; package; transponder; 10 Gbit/s

半导体光电子技术的提高, 以及通信和网络对带宽需求的增长, 光通信技术的应用日益广泛, 作为光通信的核心器件——半导体光电子器件是提高光通信带宽的一个瓶颈, 提高光电子器件的调制速率, 一直是光通信领域研究的热点之一。通常, 人们通过 2 种手段来提高光通信容量: 一种是密集波分复用(DWDM)技术; 另一种是提高单信道的速率, 如 2.5 Gbit/s, 10 Gbit/s, 40 Gbit/s。本文作者研究的重点是提高单信道光通信的速率。

随着光电子器件工作频率提高到微波频段, 器件结构的寄生参数对器件频率响应的限制越来越

大, 这种寄生参数主要来源于器件芯片和封装工艺。虽然改善器件制作工艺可降低结电容等寄生参数(如缩小电极焊盘尺寸、缩短器件长度), 能够提高器件的工作频率, 但是这种改善也是有限的。通常情况下, 由于结电容等寄生参数的影响^[1-3], 无论是采用 TO 封装、蝶型封装, 还是其它任何形式的封装, 封装后的器件频带宽度总小于芯片的频带宽度。但通过合理的设计封装结构和工艺, 可以最大限度的保持芯片原有的高频特性, 因此通过调整器件封装过程中的某些参数, 实现了对光电子器件的特性参数的补偿, 从而达到进一步改善光电子器

① 基金项目: 国家“八六三”计划资助项目(2001AA312030; 2001AA312290); 国家重点基础研究发展规划资助项目(G2000036601); 国家杰出青年基金资助项目(69825109)

作者简介: 祝宁华(1959-), 男, 研究员, 博士。

通讯作者: 祝宁华, 博士; 电话: 010-82304385; E-mail: nhzhu@red.semi.ac.cn

件的目的。

本文作者研究了封装寄生参数对光电子器件高频特性的影响, 并在此基础上, 封装了 10 Gbit/s 的 TO 激光器和蝶型激光器、15.5 GHz 蝶型封装激光器模块和 16.5 GHz TO 封装光探测器, 开发了 10 Gbit/s 的光收发机(Transponder)。

1 TO 激光器、探测器的封装

TO 激光器具有成本低廉, 使用方便的特点, 在光通信及其他领域中得到广泛应用。但由于 TO 封装的寄生参数极大地限制了激光器带宽, 使得高速 TO 激光器的封装非常困难。TO 封装激光器不可能达到 10 Gbit/s 的高速率, 但本文实验在 TO 激光器模块的封装中, 采用标准的 TO-46 管壳(图 1 所示), 合理地封装设计, 突破了这一速率, 实现了 TO 激光器的高速封装。



图 1 TO 激光器照片

由于 TO 管座内部结构不规则, 其电磁场分布非常复杂, 只能通过建立等效电路模型对其微波特性进行近似分析。本文利用 ADS(Advanced design system) 软件对 TO 管座进行了模拟和分析, 得到 TO 封装激光器的潜在带宽可达 10 GHz 以上^[4], 使用 HP8720D 矢量网络分析仪对热沉和管壳进行测试分析, 找出封装过程中影响带宽的一些因素和优化设计, 封装出速率大于 10 Gbit/s 的 TO 激光器(如图 2 所示)。

为了优化封装设计, 还必须知道芯片的特性。通常情况下, 激光器芯片的 P 极和 N 极不共面, 无法用微波探针直接测量, 所以在测量前要先把它安装在热沉上, 然后才能用微波探针进行测量。测试研究显示, 芯片的阻抗在较宽的频率范围内都呈现容性, 而在局部频率范围内, 器件封装所带来的寄生参数在总体效果上, 阻抗呈现感性, 在局部频率范围内可能会产生谐振。我们通过调整器件封装过

程中的某些参数, 实现了对光电子芯片的特性参数进行了补偿, 从而达到进一步改善光电子器件的目的, 并通过实验验证了这一理论, 在探测器和激光器封装中都实现了频率响应特性的补偿, 改善了器件的频率响应特性。采用这一技术, 封装后的探测器的 3 dB 调制带宽达到 16.5 GHz(图 3, 4)。

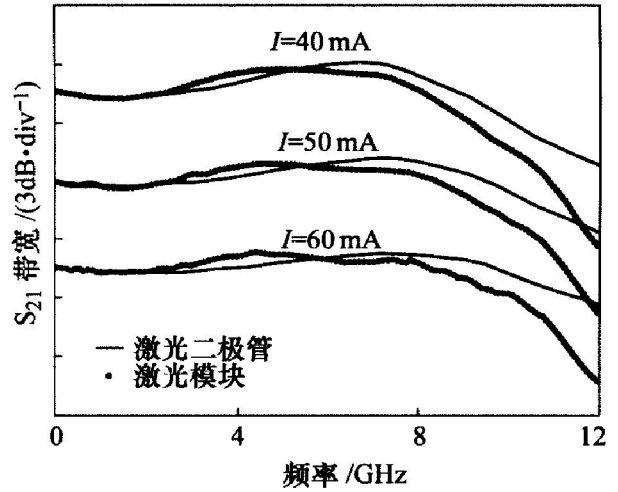


图 2 TO 封装 FP 激光器 3 dB 带宽

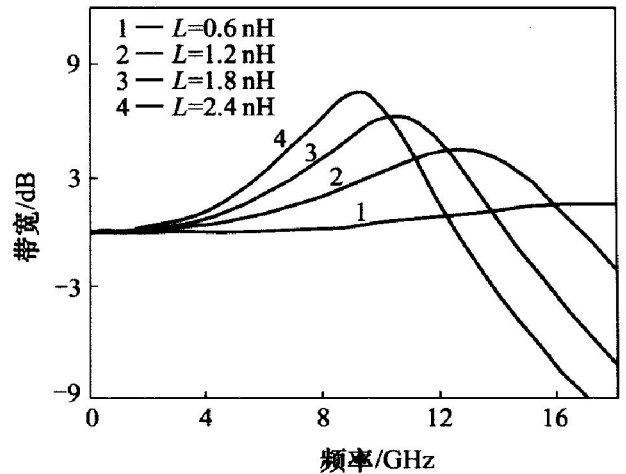


图 3 探测器芯片、热沉谐振频率曲线

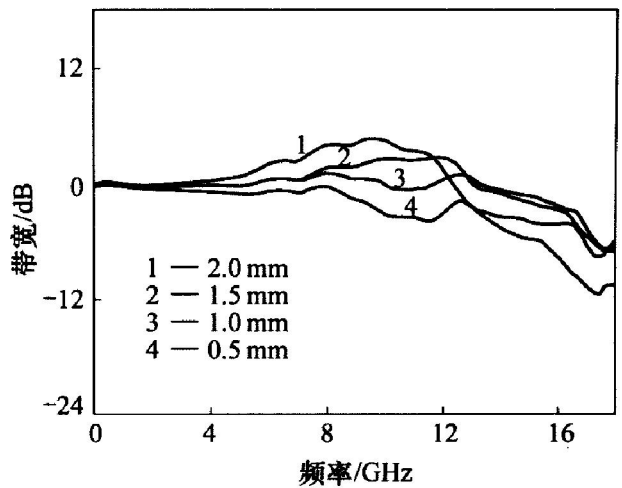


图 4 TO 封装探测器测试带宽

2 蝶型激光器模块的封装

为了满足中长距离高速光通信的需求，我们研制了蝶型激光器模块。蝶型激光器模块空间体积较大，可以容纳制冷器、匹配网络、偏置网络等部件，可以封装出性能稳定可靠的激光器模块，广泛用于长距离的光传输网络。

在封装过程中，高频端接口采用 GPO 和 SMA 接口，通过微带传输线和匹配网络与激光器管芯连接。测试结果表明，该激光器模块的 3 dB 带宽可达 15.5 GHz，完全满足 10 G 系统的需求(如图 5, 6 所示)。

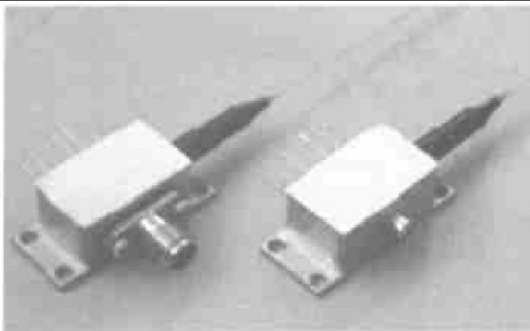


图 5 蝶型激光器样品

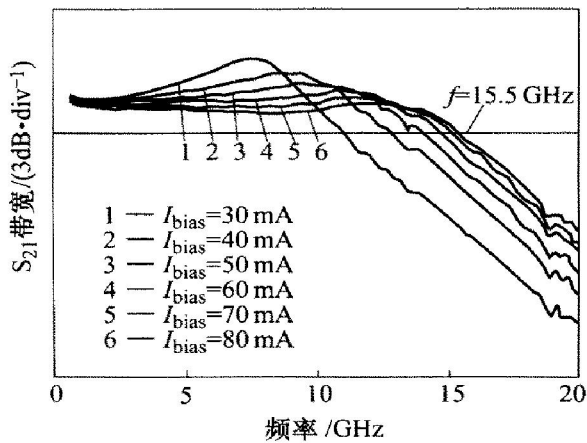


图 6 蝶型激光器测试结果

3 10 Gbit/s Transponder 的设计开发

在激光器和探测器模块封装的基础上，设计了 10 Gbit/s 300Pin Transponder。该模块主要包括激光器模块、探测器模块、MUX/DEMUX、时钟恢复(CDR)、激光器驱动电路，限幅放大器(LA)、光功率控制(APC)和制冷器控制电路(TEC)等(如图 7、8 所示)。模块遵从 MSA 和 ITU-T 设计^[5]，完全兼容 SONET/SDH 应用，具有远程监控、管理功能。为了得到了很好的背对背测试结果，同时进行了光

纤传输实验。实验结果表明，在 G652 单模光纤中无色散补偿的情况下，可以传输 50 km。16 路 622 Mb/s 信号经合路后的 9.953 Gb/s 光发射信号眼图完全合 OC192/STM64 模板，且消光比可达 10 dB 以上，测试结果如图 9 所示。接收部分由 10 Gbit/s 信号分为 16 路 622 Mb/s 信号，眼图张开大，并且各路基本一致(图 10)。

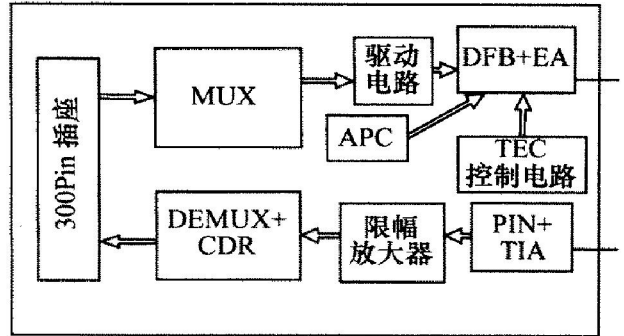


图 7 Transponder 结构示意图

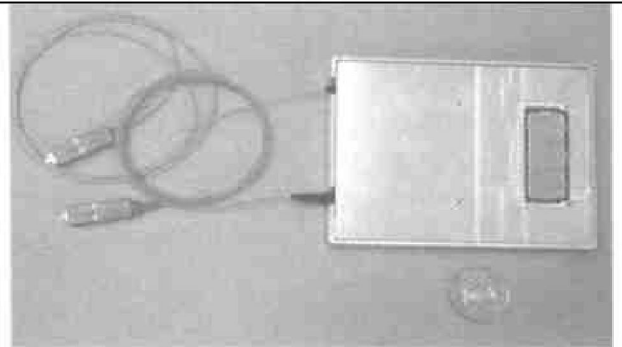


图 8 Transponder 样品

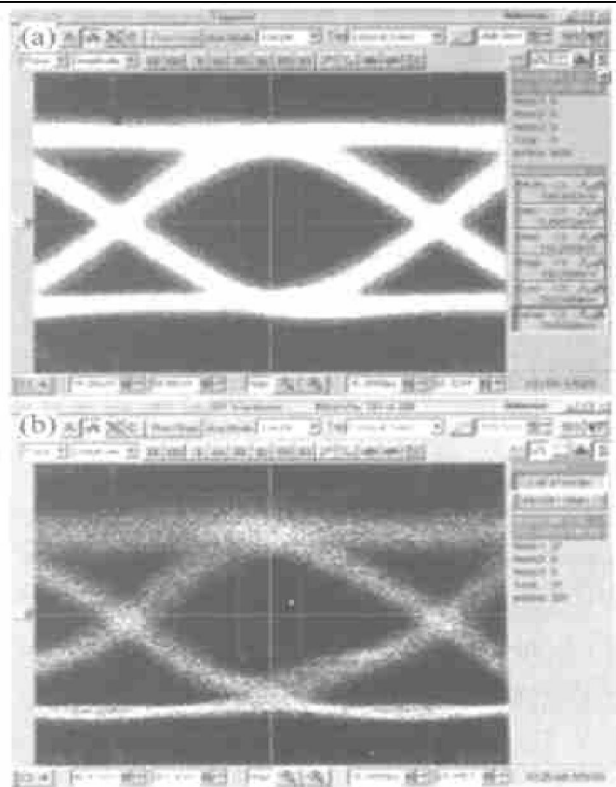


图 9 Transponder 发射端测试结果
(a) 一单模光纤传输 25 km; (b) 一单模光纤传输 50 km

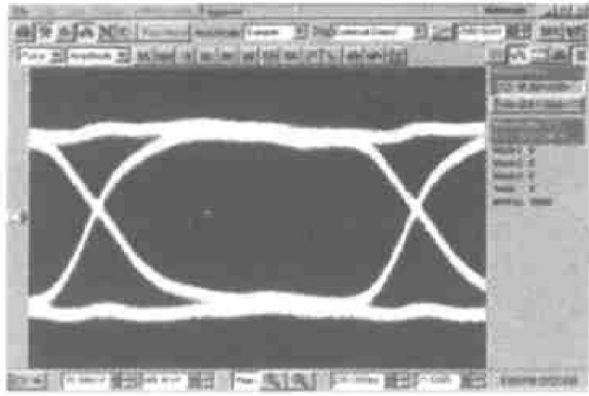


图 10 16 路 622 Mb/s 端的测试结果

4 结论

通过合理的设计封装工艺, 封装了 10 Gb 系统用的激光器模块和探测器模块, 并在此基础上设计了能自主设计光通信核心器件的 10 Gbit/s Transponder。测试结果表明, 激光器模块、探测器模块和收发模块符合 ITU-T 规范和 MSA 规范, 可以产业化, 也可应用于实际的 10 G 系统。同时, 利用该工作基础, 可以设计开发高速光通信的新型

器件和模块(如 XFP)。

参考文献

- [1] Chou S Y, Liu M Y. Nanoscale terahertz metal-semiconductor metal photodetectors [J]. IEEE J Quantum Electron, 1992, 28(10): 2358 - 2368.
- [2] Krems T, Haydl W, Massler H, et al. Millimeter-wave performance of chip interconnections using wire bonding and flip chip [J]. IEEE MTT-S Int Microwave Symp Dig, 1996, 1(6): 247 - 250.
- [3] Budka T P. Wide-bandwidth millimeter-wave bond-wire interconnects [J]. IEEE Trans Microwave Theory Tech, 2001, 49(4): 715 - 718.
- [4] WANG Your-ling. Measurement of Small Signal Frequency Response of High Speed Lightwave Source [D]. Beijing: Institute of Semiconductors, CAS, 2003.
- [5] 300PIN 10Gb transponder [EB/OL]. <http://www.300pinmsa.org/html/documents.html>

(编辑 李艳红)