

有源光电子器件技术及其发展*

毕浩宇

(长治医学院 生物医学工程系 ,山西 长治 046000)

摘 要 :全光通信是光纤通信发展的必然方向 ,有源光电子器件是构建全光通信网络的重要基础。介绍了目前常用的几种有源光电子器件的现状 & 发展情况 ,并对其技术的未来发展趋势进行了分析和总结。

关键词 :光纤网络 ;有源光电子器件 ;技术 ;发展

中图分类号 :TN304.1

文献标识码 :A

文章编号 :1671 - 532X(2003)01 - 0053 - 04

如今 ,信息网络中的信息流量与日俱增 ,光纤网络已经是信息网络的骨干网。利用波分复用与时分复用等关键技术 ,光纤网络的传输容量和传输速率不断加大 ,而构建光纤网络的根本基础就是有源和无源光电子器件。按照光纤网络不同的应用范围可将它分为骨干网、城域网、局域网等^[1]。不同的网络需要不同档次与类型的有源器件。因此 ,对有源光电子器件的研究非常重要。

1 光纤网络中的关键——有源器件

光纤网络中的有源器件主要包括各种光源、高速波导探测器、半导体光放大器和波长转化器件^[2]。主要的应用领域包括局域网、城域网等 ,速率覆盖从 155 Mb/s 到 10 Gb/s 的范围。为了尽可能降低网络成本 ,希望这些器件需要有较低的成本和较高的可靠性。这就要求器件能都具有宽的工作温度范围 ,高的成品率和低的制造成本 ,易于封装。目前光纤通信中常用的光源可以采用低成本、高可靠激光器(FP - LD ,VCSEL)直接调制的 DFB 激光器、DFB - LD/EA 调制器集成光源、波长可调谐与波长可选择激光器、多量子阱(MQW)激光器和固体激光器等^[3~6]。

1.1 高可靠激光器^[7]

FP - LD 具有宽工作温度范围、高成品率与低制造成本并易于封装的优点。适用于 155Mb/s 附近较低速率 ,其关键技术是端面刻蚀技术与端

面镀膜技术。可通过 AlGaInAs 激光器与高特征温度来提高其温度特性。

而 VCSEL 垂直腔面发射激光器及其阵列是一种新型的半导体激光器^[6] ,它是光子学器件在集成化方面的重大突破 ,它与侧面发光的端面发射激光器在结构上有着很大的不同。端面发射激光器的发射光垂直于晶片的解理表面 ;与此相反 ,VCSEL 的发射束垂直于晶体表面。它具有低的阈值电流 ,动态单模可行 ,长寿命 ,易与光纤耦合 ,可在片测量降低成本 ,可形成高密度二维阵列等优点。在中波段 980 nm 附近工作的 VCSEL 使用的材料是 GaInAs - GaAs。实验中其阈值电流可达到数十个 μA ,室温下连续运行 ,理论预计阈值可达 1 μA 。目前选择性氧化已成为标准光电限制结构 ,通过在(311)B 衬底生长可避免极化不稳定 ,技术已较成熟 ,主要用于 10Gb/s 的 LAN 市场。在长波段 1300 ~ 1500 nm 附近工作的 VCSEL 使用的材料是 GaInAsP - InP ,主要用于 10 Gb/s 的干线传输。实现的困难在于电子限制弱、Auger 复合严重、GaInAsP 与 InP 折射率差小 ,难以制成 DBR 镜面。解决该问题有两种可选择的方法 ,一是用三氧化二铝和硅构成 DBR、氧化镁和硅构成 DBR ,另一种是用外延键合方法制作有源区及 GaAs - AlAs 镜面。这两种方法均可得到较好的效果 ,但是第二种方法需耗费较多的晶片 ,成本较高。目前研究的热点在于 AlGaAsSb - GaAs 构成的 DBR

* 收稿日期 2002 - 01 - 08

作者简介 :毕浩宇(1974 -) ,男 ,长治医学院助教 ,北方交通大学在读硕士研究生。

镜面、隧道结及 AlAs 氧化物限制结构。另外在长波段也可以使用 GaInNAs - GaAs 晶格匹配的方法实现,如果能够将氮的含量增加到 5%,则 1300 ~ 1500 nm 波段可被覆盖,同时 GaAs - AlAs DBR 容易制作,各种基于 GaAs 的器件结构都可用于此材料。这种材料的使用将极大改变 VCSEL 在长波段的特性,目前 1300nm 的研究已接近实用水平。

1.2 直接调制的分布反馈 DFB 激光器^[8]

其谱线宽度要小于 0.04 nm,而且 DFB 激光波长随温度的漂移相对较小,并具有高的边模抑制比。在 DFB 激光器中,沿有源区,即谐振腔方向,半导体材料的折射率按周期变化,这样在谐振腔内形成了一个光栅,用于对波长进行选择;其两端各有一个布拉格反射镜,因此 DFB 激光器具有很好的波长选择性,可以得到稳定的单模输出,即使在 10 Gb/s 或更高的调制速度下,波长仍然相当稳定。因此 DFB - LD 多应用于吉比特以太网和城域网,同时也非常适合密集波分复用(DWDM)的通信应用。另外 DFB - LD/EA 调制器集成光源现已广泛应用于 2.5 Gb/s ~ 40 Gb/s 的高速传输干线网络,它具有小尺寸、高稳定性、低成本和低啁啾等优点,有助于减小集成器件线宽,并具有较强的抗端面反射能力。

1.3 波长可调谐与波长可选择激光器^[9~10]

它的基本原理是将普通激光器分成有源区、无源区和无源相移区 3 个部分,它们通过低损波导耦合在一起,每一部分有不同的驱动电流,而普通半导体激光器只有一个驱动电流。有源区和普通半导体激光器类似,在这一区域产生足够大功率的光;无源区相当于 DFB 激光器,对波长进行选择;无源相移区位于这两个区域之间,它的作用是调整增益区和相移区的有效光程,以便在 DBR 区进行波长选择。波长可调谐与波长可选择激光器的调谐范围一般为几个 nm,线宽一般为几个 MHz,是 WDM 网络系统、光测试系统和快速波长交换等系统的重要光源,可以恢复有损信道,减少传输损耗并能提高未来网络管理的灵活性。

1.4 多量子阱(MQW)激光器^[10]

此类激光器在改善半导体激光器的性能,如线宽、输出功率、阈值和调谐方面具有很多优点。当激光器的有源层厚度在 10 nm 量级或更小时,它的量子效应就变得明显起来,这时载流子,即电子和空穴被限制在某一区域,称之为量子阱结构。量子阱结构由一到几个非常薄的窄带隙半导体层

和宽带隙半导体层交替组成。如果层数很多,例如在 100 层左右,则称之为多量子阱结构。有源层通过分子生长方式和金属结构化学气相沉积(MOCVD)方式制作而成。量子阱激光器减少了实现粒子数反转所需的载流子数目,所以阈值电流大大降低,仅为普通双异质结构激光器的 1/10 左右;此外,量子阱激光器增益较高,线宽较窄,光相干性好。目前,人们也在研究量子线(在二维上限制载流子的运动)和量子箱(在三维上限制载流子的运动),以获得性能更好的激光器。

1.5 固体激光器^[10]

它的有源区是由镶嵌在受主原子中的施主原子——有源原子产生的,有源原子由外界光即泵浦光激发。泵浦光源一般为闪光灯或激光器,尤其是半导体激光器,在泵浦光作用下,其基态原子获得能量,跃迁到高能级。激光过程由高能级电子在受激辐射作用下返回到低能级产生。固体激光器具有极高的频率稳定性和光谱稳定性,线宽一般可以低于 50 kHz。

此外,高速波导探测器、半导体光放大器与波长转化器件等光电子器件都在 DWDM 网络中发挥着重要作用。

2 有源光电子器件发展趋势

在现在的通信网中,如广域网、城域网、局域网及接入网,光纤通信已成为主要的通信手段^[1,11,12]。光纤通信需要的光电子器件种类越来越多,要求也越来越高,总的来说,有源光电子器件的现状与发展趋势如下:

2.1 高速率、大容量、大功率

随着因特网的迅猛发展,人们对带宽的需求日益增加。充分挖掘单光纤的传输能力,已成为业务运营商、设备制造商,及器件供应商的主要发展方向之一。10Gbps 接口的光传输设备已经商用化,器件供应商已投入大量精力发展可用于 40Gbps 系统的光电器件。

由于色散影响,40Gbps 的光源采用外调制方式,连续波(CW)激光器加铌酸锂(LiNbO₃)调制器的组合是主要光源,电吸收调制(EA)激光器也正趋于成熟。40Gbps 的接收目前主要是 PIN 光电检测管。为了克服偏振和衰减的影响,偏振控制器和拉曼放大器(Raman)也由样品阶段走向产业化^[8]。

为了在一根光纤中传输更多的波长,需要发

展 50GHz 及 25GHz 波长间隔的激光器和波分复用器。集成带 Etalon 的波长锁定装置,使 50GHz 及 25GHz 波长间隔的激光器商用化成为可能。而为了克服较多波长数的波分复用器带来的插入损耗,大功率的连续波(CW)激光器已经能提供 40mW 的光输出功率^[9]。

2.2 集成化,小型化,低成本化

现在的光纤通信市场竞争越来越激烈,通信设备要求的体积越来越小,接口板包含的接口密度越来越高,功耗越来越小。传统的以分立的激光器和光电检测管为主的方案,已经不适应现代通信设备的要求。在此情况下,集成度较高的光电合一模块和光电转发器越来越受到设备制造商的青睐^[6]。

光电合一模块集成激光器和光电检测管 2 个光电器件、激光器驱动器、限幅放大器和时钟与数据恢复等电芯片。光电转发器集成激光器和光电检测管 2 个光电器件、激光器驱动器、限幅放大器、时钟与数据恢复、复用及解复用等电芯片。

高度集成的光电模块使用户无须处理高速模拟光和电信号,缩短研发和生产周期,减少元器件采购种类,减少生产成本。由多源协议(MSA)约束的光电模块提供多厂商兼容的外形尺寸和管脚定义,这样设备制造商可以方便地找到所需的光电模块,而无须更改电路板设计。

2.3 无制冷光源

为了稳定激光器的性能,如光谱特性和输出光功率,传统激光器封装中都包含热敏电阻和半导体热电制冷器,用于检测和控制激光器芯片的工作温度。使用中,用户需要设计自动温度控制电路用于检测热敏电阻和控制半导体热电制冷器,使激光器工作在稳定的温度,从而稳定激光器的性能。一般半导体热电制冷器的功耗在 2 W 左右。

现在随着激光器生产工艺的提高,激光器芯片的性能如温度特性、调制效率等都得到很大提高^[9]。激光器芯片可以在无制冷条件下工作于较宽的温度范围(-40℃~+85℃度)。而无制冷激光器的封装工艺较有制冷的激光器简单,体积也较小,价格也更低。而对用户来说,无制冷激光器的使用可以使他们节省自动温度控制电路的器件成本,电路板空间及 2 W 左右的功耗。

2.5Gbps 及以下速率的无制冷激光器业已商用化,它们的广泛使用使光电合一模块的小型化,

低成本化成为可能^[9]。10Gbps 无制冷激光器也日趋成熟,它的商用化可以大大降低 10G SDH 和 10G 以太网短距离光接口的成本。

2.4 波长可调谐激光器和基于微机电系统(MEMS)的光开关

光纤通信已从早期的链路连接,逐步向光传送网发展。光纤传输设备已从早期的 PDH,发展到现在的 SDH/SONET、DWDM,以及将来的光分插复用(OADM)、光交叉连接(OXC)及全光交换设备^[12~13]。光开关器件和波长可调谐激光器将在未来的光传输设备中起到非常重要的作用。在众多技术的光开关中,微机电系统(MEMS)是最有发展前景的技术^[5]。目前 32×32、64×64 的 MEMS 光开关已经商用化。MEMS 是基于 IC 的生产工艺来制作光电子器件,具有性能好、价格低、扩展性好的特点。

现在的波分复用系统多利用温度调节技术来精确控制每个激光器的发射波长,一般波长调节范围在 2nm 以内。例如,一个 32 波的波分复用系统需要 32 个波长不同的激光器,如需对系统进行保护,则还需要 32 个波长不同的激光器。这样一来给设备制造商和激光器供应商的生产、备货、采购带来不少问题。波长可调谐激光器采用不同于传统分布反馈激光器(DFB)的激光器结构,使用温度和电流调节的方式,精确调节激光器的发射波长,且波长可调谐范围为 20~40 nm。同样是 32 波的波分复用系统采用波长可调谐激光器,则需要有 2~4 个激光器。而一个波长可调谐激光器可以备份 8~16 个传统激光器,大大减少了备份激光器的数量。在将来的光传送网中,业务运营商则可以通过波长可调谐激光器灵活配置在线业务,而无须中断其它业务^[12]。

3 结束语

光电子技术是光学技术和电子学技术的融合,它作为信息技术的一个新的技术在成长。在将来信息技术的发展中,光电子技术替代微电子技术、信息载体由电子转变为光子是必然的趋势。有源光电子器件作为光电子技术的产物其应用日益广泛,近来在通讯网络、多媒体信息化等炙手可热的应用领域,有源光电子产品都扮演着重要的角色,随着世界光电子产业的发展,有源光电子器件技术也必将取得前所未有的发展。

参考文献：

- [1] 赵梓森.世界光纤通信技术的发展现状、趋势和湖北的对策[J].中国地质大学学报(社会科学版),2001,4(11):5-8.
- [2] Franz J H ,Jain V K .徐宏杰译.光通信器件和系统[M].北京:电子工业出版社,2002.
- [3] 神保孝哉[日].光电子学[M].北京:科学出版社,2001.
- [4] 顾婉仪,李国瑞.光电子学[M].北京:邮电出版社,1999.
- [5] 江月松.光电技术与实验[M].北京:北京理工大学出版社,2000.
- [6] 王德,李学千.半导体激光器的最新进展及其应用现状[J].光学精密工程,2001,9(9):279-283.
- [7] 陈良惠.光电子器件大聚焦[J].电子产品世界,1999,9:43-36.
- [8] 王君容.光电子器件[M].北京:国防工业出版社,1982.
- [9] 孟传良.当代光纤与光器件技术[J].贵州工业大学学报,2001,2(30):46-49.
- [10] 王红.光无源器件技术发展综述[J].光通信技术,2001,25(1):193-195.
- [11] 梅遂生.光电子技术[M].北京:国防工业出版社,1999.
- [12] 吴亦川.全光通信网综述[J].电信快报,2001,2:22-23.
- [13] 林钧挺.光电子技术及其应用[M].北京:国防工业出版社,1983.

The Technology of Optical Active Devices and Its Development

BI Hao-yu

(BME of Changzhi Medical College ,Changzhi Shanxi 046000 ,China)

Abstract :The development of optical fiber communication is all-optical communication , while basic ingredient of all-optical communication is optoelectronic active devices. In this paper , several optoelectronic active devices which are usually used at present are introduced. And a summarization for the future development of optoelectronic active devices and its technology are given.

Keywords :optical fiber communication ; optoelectronic active devices ; technology ; development

(上接第 34 页)

The Treatment of the Produced Water of Oilfield with Ceramic Membrane

WANG Xu¹ ,JIN Jiang² ,MEI Sheng-dao²

(1. Department of Material Engineering of Yancheng Institute of Technology ,Jiangsu Yancheng 224003 ,China 2. Department of Material and Engineering of Nanjing University of Technology ,Jiangsu Nanjing 210009 ,China)

Abstract :To drain off the produced water of oilfield can not only pollute the environment but also make a lot of waste of water resource. If it is directly recycled , many problems will appear. Ceramic membrane has the characteristics of high-temperature-resisting, acid-resisting , high mechanical intensity and long service life , etc. Produced water of oilfield can be recycled through the careful filter treatment of ceramic membrane. This paper mainly discusses several methods of flux recovery of ceramic membrane , which have produced good result in produced water of oilfield.

Keywords :ceramic membrane ; produced water of oilfield ; flux recovery