

5G 无线光模块的需求分析和关键技术

Product Definition and Enabling Technologies for 5G Wireless Transceiver

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2018) 04-0051-003

摘要: 25 G BiDi 光模块、50 G 的 4 级脉幅调制(PAM4)光模块、低成本相干 100 G 光模块是 5G 前传、中传、回传网络对光模块需求的几个典型代表。低成本是产业链对 5G 无线光模块的主要诉求点,规格分级、产业链共享、技术创新、国产化替代是实现低成本几个主要手段。5G 无线光模块的关键技术主要体现在光电子芯片层面,功能的扩展、速率的提升、成本的下降是光电子芯片技术创新的主要抓手。

关键词: 5G 无线光模块;光电子芯片;低成本

Abstract: 25 G BiDi, 50 G 4-level pulse amplitude modulation (PAM4), and low-cost coherent 100 G are the typical examples of the transceivers demanded by the 5G wireless front-haul, middle-haul, back-haul networks. Low cost is the primary requirement for the 5G wireless transceiver. Specification classification, utilization of the off-the-shelf components, technology innovations, and made-in-China components are the main means to achieve low cost. The key technologies of the 5G wireless transceiver are all about the optoelectronic chips, and the innovation in optoelectronic chips can be carried by the extension of the functionality, the upgrade of the bandwidth, and the low-cost approach.

Key words: 5G wireless transceiver; optoelectronic chip; low cost

张华/ZHANG Hua
黄卫平/HUANG Weiping

(青岛海信宽带多媒体技术有限公司,
山东青岛 266000)
(Hisense Broadband Multimedia
Technologies, Ltd., Qingdao 266000, China)

几个有代表性的例子说明 5G 对光模块的需求。

(1) 5G 前传对 25 G BiDi 光模块的需求

在 4G 时代,前传网络对光模块的需求以单模 10 G Duplex 为主。到了 5G 时代,前传网络仍将以光纤直驱为主,但对光模块的速率和光口提出了新的要求。考虑到节省光纤资源、上下行等距能保证高精度时间同步,BiDi 的产品形态比 Duplex 更具优势。另一方面,5G 相比于 4G 在下载速率上至少有 10 倍的提升,在以太网通用公共无线电接口(eCPRI)协议下^[1],25 Gbit/s 的速率也成为必须。基于上述 2 方面的考虑,25 G BiDi 光模块能更好地满足 5G 前传的需求。10 km 的传输距离能覆盖大多数应用场景。在波长选择上,1 270/1 330 nm 方案将有利于实现低成本光模块。

(2) 5G 回传对 50 G PAM4 光模块的需求

5G 的中传网络或回传接入层将对 50 Gbit/s 速率的光模块有需求。考虑到低成本实现方式,基于 25 G 光器件、辅以脉幅调制(PAM4)调制格式将成为更具吸引力的一个方案。50 G PAM4 光模块有 10 km 以及

1 5G 对光模块的需求

随着对下载速率要求的逐渐提高,无线通信愈加依赖于光纤通信。当前的无线通信网络,除了“最后一公里”是“无线”形态,天线之后的通信链路全部是光纤网络。到了 5G 时代,代际升级所带来的不仅仅是下载速率的大幅提升,在 4G 时代所不具备的低时延、大规模机器通信的特点将催生诸如无人驾驶、万物互连等全新的应用。因此,5G 无线通信对生活的改变将远超过 3G 和 4G。光纤通信所具备的大容量、长距离的天生优势极好地满足了

5G 对承载网络的要求。在前 5G 时代,光纤通信技术和产业得以快速发展的终端驱动力是以有线形式接入的家庭和企业,“光纤到家”和“光纤到楼”的普及和后续升级带动了接入网、城域网、骨干网的全面覆盖和性能升级。在 5G 时代,以无线形式接入的手机、汽车、家电、工业设备等作为新的终端,将跟固网接入的终端共同推动光纤通信的技术进步和产业发展。

4G 的部署为光模块行业带来了一个新的细分市场,5G 的需求将为无线光模块市场注入新的动力并进一步增大该细分市场的空间。5G 网络所具备的站点密度增大、时间同步精度提高等特点对光模块的功能和性能提出了新的要求。接下来,将以

收稿日期: 2018-06-23
网络出版日期: 2018-07-30

40 km 2种主要规格。10 km规格能以25 G波特率直接调制激光器实现,同时也保证了低成本。40 km规格则需要使用25 G波特率电吸收调制激光器和雪崩光电探测器。另一方面,10 km和40 km的规格均对高线性度的激光器驱动器和跨阻放大器有需求。

(3)5G回传对低成本相干100 G光模块的需求

5G回传网络的汇聚层和核心层,对相干100 G、200 G、400 G光模块有需求,波长在C波段,传输距离一般在200 km以内。低成本的相干100 G光模块被视为单元技术,基于此单元技术,依靠波分复用技术可实现更高的传输带宽。

2 低成本是5G无线光模块的关键

在过去几年里,4G无线光模块的市场售价几乎是每2年下降40%,有利地促进了4G的大规模部署。可以说,4G无线光模块较好地满足了下游客户对其低成本的要求。究其原因,其中之一是产业链恰到好处地定义了不同类型的光模块规格,在满足性能指标要求的前提下,以低成本的技术手段实现所需要的功能,例如:将10 G垂直腔面发射激光器(VCSEL)技术用于150 m以内传输距离的光模块,将10 G法布里-珀罗(FP)激光器技术用于1.4 km以内传输距离的光模块;而对于10 km传输距离的需求,则使用10 G分布式反馈激光器(DFB)技术。简而言之:性能要求高的场景,选择较贵的技术;而性能要求低的场景,选择较便宜的技术。

到了5G时代,光模块的需求量将超过4G时代,低成本将依然成为产业链对光模块的主要诉求。根据应用场景的不同,针对不同的传输距离定义出几种不同规格的光模块,并根据规格选择相应的技术手段,这也许将继续成为5G无线光模块实现低

成本的有效策略。

共享产业链也将有利于达成低成本目标。数据中心光互联对高带宽的需求是领先于固网接入和无线接入的。因此,25 Gbit/s速率的光器件早已被广泛应用于数据通信光模块。基于数据通信光模块已经大量使用的光器件及其相关技术来开发5G无线光模块,也是实现低成本的策略之一。例如:25 G BiDi光模块所使用的25 Gbit/s 1 270/1 330 nm的激光器,和用于数据中心100 G粗波分复用器(CWDM4)光模块^[1]所使用的光器件类似,区别在于其不同的温度范围。

实现低成本最根本的手段是技术创新,包括网络架构、物理层光器件、网络协议等各个方面的创新。例如:4G时代远端射频模块(RRU)和基带处理单元(BBU)之间的信号传输使用CPRI协议,为应对5G对带宽更高的要求,第3代合作伙伴项目(3GPP)提出了新的协议标准eCPRI,前传接口带宽得以被压缩至25 G,从而降低了光模块的成本,这是在网络协议层面的创新。再例如:考虑到无线应用场景对工业级温度的刚需,以工业级温度范围的激光器替代商业级温度范围的激光器,将降低光模块的封装成本,这属于光器件物理层的创新。

国产化替代也是实现低成本的手段之一。国际上领先企业得益于其长期的技术积累,往往率先推出高性能的光电子器件,定价权也就掌握在少数几家企业手中。价格高昂的激光器芯片、探测器芯片、电芯片往往制约着光模块的成本下降。实现光电子芯片的国产化必将有利于5G无线光模块的成本下降。

3 5G无线光模块的关键技术

光模块的使能技术可分为封装技术和光/电器件技术。技术创新也基本体现在这2个方面。5G无线光

模块所需的封装技术大部分可借鉴现有的成熟技术。例如:25 G BiDi光模块的光路结构与10 G BiDi光模块类似,因此,可采用非常成熟的、基于TO-CAN同轴封装技术的光收发模块接口组件(BOSA)结构,无需开发新的工艺,生产设备也可共用,这样也更有利于实现低成本。再例如:非相干的200 G/400 G光模块是基于单波50 G的单元技术,辅以波分复用技术来实现,在封装技术上,跟数据通信光模块所采用的手段类似。

5G无线光模块所需的关键技术将更多地体现在光/电器件技术方面。总结来说,光电子器件的技术创新可体现在这3个层面:功能的扩展、速率的提升、成本的下降。例如:工业级温度范围的激光器芯片将不再需要温度控制器件;适用于非气密性环境的激光器芯片将不再需要昂贵的气密性封装管壳;小发散角的激光器芯片将不再需要较为昂贵的非球透镜;抗反射的激光器芯片将不再需要隔离器。这类创新均属于对激光器芯片功能的扩展,激光器芯片功能的扩展将简化光模块封装,不仅提高了可靠性也同时降低了成本。

50 G PAM4光模块采用的是25 G波特率激光器和探测器,以及高线性度的电芯片。相比较于25 G不归零码(NRZ)光模块,对光器件的带宽、电芯片的线性度均提出了更高的要求。再例如:单波100 G光模块将采用50 G波特率的光电子器件,当性能可以满足10 km传输且成本足够低时将成为5G前传的方案之一。上述2个例子均属于光电子芯片在速率提升方面的创新。

对于5G回传网络,低成本相干100 G光模块是十分渴求的技术。如何将应用于远程骨干网的相干技术简化,在满足200 km以内传输距离要求的前提下尽可能地降低成本,是个非常好的研究课题。这类技术可归类为降低成本的创新。

综上所述,5G无线光模块的关键

技术更多地体现在光电子芯片的创新上,具体的技术包括:

- 工业级温度范围的高速激光器芯片技术
- 高线性度 25 G 波特率 DFB 芯片和 EML 芯片技术
- 低成本 25 G 波长可调谐激光器芯片技术
- 低成本非相干 100 G 的光模块技术
- 低成本相干 100 G/200 G/400 G 光模块技术
- 高线性度 25 G/50 G 的电芯片技术。

4 结束语

相比于 4G 时代,5G 无线光模块将在整个光模块市场中占据更重要

的地位,5G 将成为光模块行业发展的下一个风口。5G 无线通信所具备的高带宽、低时延、大连接的特点对光模块的功能和性能提出了更高的要求,将推动光模块、光电子芯片技术的进步。技术创新和国产化替代将是实现低成本 5G 无线光模块的主要途径。

参考文献

- [1] CPRI. A Successful Industry Cooperation [EB/OL].(2014-09-09)[2018-06-23]. <http://www.cpri.info/>
- [2] CWDM4 MSA. About CWDM4 MSA [EB/OL].(2014-09-09)[2018-06-23]. <http://www.cwdm4-msa.org/>

作者简介



张华,青岛海信宽带多媒体技术有限公司技术合作总监;从事技术与产品的战略规划、技术合作,在光电子集成芯片、光通信器件封装技术方面拥有 10 余年经验;曾主持过多项科技项目;已发表多篇论文、拥有多项发明专利。



黄卫平,青岛海信宽带多媒体技术有限公司的创始人之一,现任首席科学家,山东大学教授;负责海信宽带多媒体技术公司战略发展、高端技术研发和激光器芯片国产化;主要研究领域为光电子器件、光电子集成和光通信技术,主要学术贡献为非正交耦合模理论、矢量

波束传播算法、半导体激光器分层建模理论以及大规模光电集成芯片和系统的复模理论等,为光电集成器件设计和分析提供了有效工具;已发表 200 余篇国际学术刊物论文、100 余篇国际学术会议论文,并持有 7 项美国专利。