白皮书

海思光电 25G Tunable-DWDM 光模块

HISILICON
OPTOELECTRONICS

目录

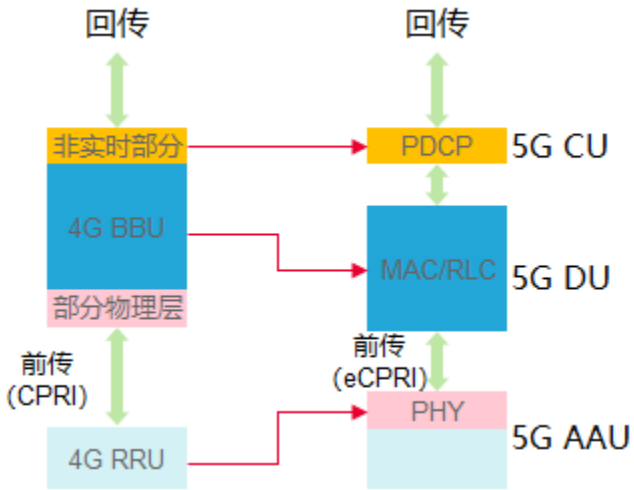
1. 5G 对前传网络提出新的需求.....1
2. 前传网络承载方案演进.....1
3. 25G Tunable-DWDM 光模块关键技术.....2
3.1 25G Tunable-TOSA 组件.....3
3.1.1 高性能单片集成的光芯片.....3
3.1.2 紧凑型的结构设计.....4
3.1.3 高精度的波长调节及稳定性.....5
3.1.4 支持调顶特性，提升运维效率.....5
3.2 25G ROSA 组件.....6
3.3 oRFIC 部件.....6
4. 总结.....7

1. 5G 对前传网络提出新的需求

自 2020 年以来，随着全球 5G 部署的持续推进，5G 始终是业界最热的课题之一。以 5G 为关键使能技术的移动互联网和物联网业务已经成为移动通信发展的主要驱动力。不同于以前的 2G、3G 和 4G，5G 不仅仅是移动通信技术的升级换代，也是数字世界的驱动平台和物联网发展的基础设施，5G 将深刻影响和重塑今天的社会形态。

随着 5G AAU 的规模商用，天线数从之前的 8T/R 提升 8 倍至 64T/R，空口带宽从 20MHz 提升 5 倍至 100MHz。若保持 CPRI 切分则带宽需求提升 40 倍（从 10Gbps 变成 400 Gbps），因此业界考虑采用 eCPRI 切分方案，将一部分 BBU 的基带处理部署在 AAU 上（如图 1-1 所示），从而降低 BBU 与 AAU 之间的带宽需求和实现成本。原 BBU 的非实时部分将分割出来，重新定义为 CU（Centralized Unit，集中单元），负责处理非实时协议和服务；BBU 的剩余功能重新定义为 DU（Distribute Unit，分布单元），负责处理物理层协议和实时服务。

图 1-1 4G/5G RAN 功能模块示意



以 100MHz 空口带宽、64T/R 为例，在 eCPRI 的接口模式下，5G AAU 和 5G DU 间的前传带宽需求下降至 25G，并且可复用成熟的以太网产业链，满足无线前传的海量部署。25G 已经成为 5G 时代主流的前传接口速率，已经广泛应用于 5G 网络中。

2. 前传网络承载方案演进

截至到 2022 年上半年，中国已经部署了超 185 万基站。据不完全的统计，目前在 100 多个行业，有数千种 5G 商用的应用案例，尤其是在媒体直播、远程医疗、智能制造、智慧矿山、智能港口等新兴领域的应用非常成功。以中国的市场为例，预计在 5G 的生命周期以内，运营商将部署 500 万以上的基站。

为了匹配层出不穷的新业务对时延、带宽的诉求，5G RAN 网络发展势将延续 4G BBU 集中的策略，将 DU 集中作为一种主流的组网架构。与此同时，随着 5G 基站的海量部署，运营商的网络维护能力、光缆/管道资源等将面临巨大的压力，产业链迫切需要在前传网络段选择一种经济、高效、可靠的承载方案。

在 5G 部署初期的网络发展阶段中，前传网络采用的承载方式主要有光纤直驱、无源承载、有源/半有源承载等多种技术方案：

- 光纤直驱方案：利用现网空闲光纤资源满足了快速开站的诉求，但运营商管孔、管道资源有限，基站的海量部署带来光纤资源的快速消耗，并且导致了光纤利用率低下，现网光纤资源难以为继

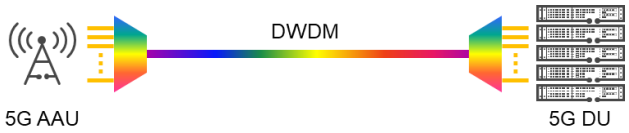
图 2-1 基于灰光的无线前传方案

- 基于 CWDM 的彩光承载方案：相比较采用灰光光模块的光纤直驱的方案，CWDM 的方案可以提供 6 波及以上的光模块，这在一定程度缓解了光纤不足的困难，加速了 5G 基站的开通。但 CWDM 和灰光方案类似，该方案缺少管理和运维手段，5G 基站海量部署后，业务的开通、网络的运维都将给运营商带来巨大挑战

图 2-2 基于 CWDM 的无线前传方案

- 基于 DWDM 的彩光承载方案：DWDM 一个最明显的优势就在于系统容量的显著提升。目前典型的 25G DWDM 系统支持 40 波以上，单纤容量是灰光的 40 倍，是 CWDM 方案 6.7 倍，将大幅降低光纤的消耗速度。同时，DWDM 采用可调的激光器方案，在支持数十波容量的同时只需要一种类型的光模块，显著降低备件压力和网络设计难度。考虑到解决方案的易维易用行，DWDM 的彩光承载方案已经考虑在灰光、CWDM 的基础上引入调顶等技术，配合网络设备侧的管理软件平台，来提升网络的运维效率。

图 2-3 基于 DWDM 的无线前传方案



3. 25G Tunable-DWDM 光模块关键技术

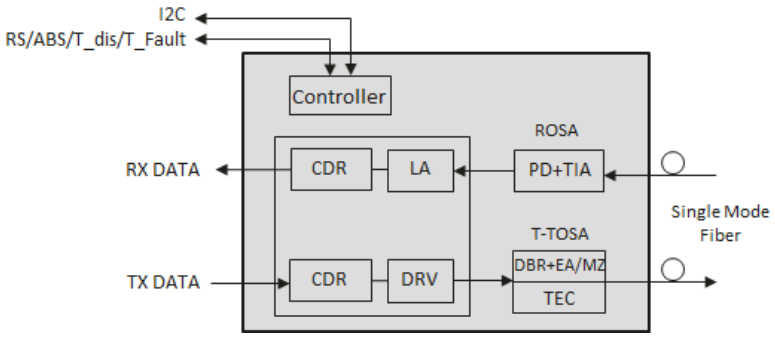
25G Tunable-DWDM 的光模块是实现彩光前传承载方案的关键一环，其功能包括接收、发送、性能上报等部分：

- 发送：实现内部电信号向各种格式光信号的 E/O 转换，并将光信号发送至客户侧设备
- 接收：接收客户侧设备各种格式光信号，并实现光信号向内部电信号的 O/E 转换

- 上报客户侧光口性能、上报客户侧激光器工作状态

25G Tunable-DWDM 光模块的功能框图如下图所示，其最主要的核心部件是 25G Tunable-TOSA 组件、ROSA、oRFIC 芯片等功能单元。

图 3-1 25G Tunable-DWDM 光模块功能框图



3.1 25G Tunable-TOSA 组件

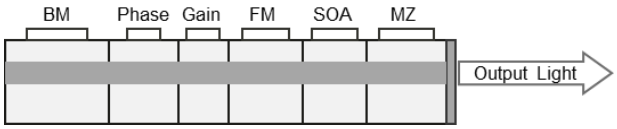
25G Tunable-TOSA 是实现 DWDM 彩光前传承载方案的核心器件，其功能是实现电/光信号转换，即将输入的高速电信号加载到特定波长的光波上。其技术特点是波长调节范围宽，调节精度高；带宽高，支持 25G 的传输速率；尺寸紧凑、功耗低，满足 SFP 的封装形式和功耗要求；可靠性高，可支持面向无线场景的室外应用环境。

25G Tunable-TOSA 的关键技术主要包括高性能的光芯片、紧凑的结构设计、高精度的波长调节、调顶等。

3.1.1 高性能单片集成的光芯片

单片集成的可调激光器和调制器的光芯片是 25G Tunable-TOSA 的核心，其中可调激光器部分为多段 DBR 结构，调制器部分为 MZ 调制器，具体结构如下图所示：

图 3-2 单片集成 DBR+MZ 芯片结构示意

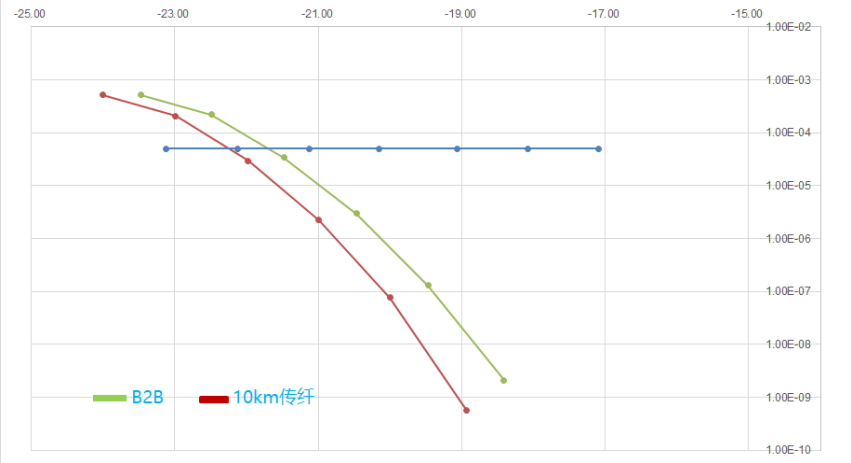


可调激光部分包含 BM 后腔镜（BM：back mirror）、Phase（相位区）、Gain、前腔镜(FM: front mirror)和 SOA 几部分组成。其中 Gain 为激光器有源区，FM、BM 和 Phase 搭配通过热调节的形式实现激光器出射波长的准连续和线性调节，SOA 对输出光进行放大。

MZ 调制器对可调激光器的输出光进行调制，考虑到其传输波长在 C 波段，调制器采用负啁啾设计，以优化其传输性能。

如图 3-3 所示，采用负啁啾设计的 Tunable-TOSA，在经过 10km 长纤传输后，BER 较背靠背传输场景有一定的改善，纤后灵敏度较业界同类产品提升 1~2dB。配合合理的模块设计和工作点选择，此 Tunable-TOSA 可以支持 25G 速率下最远 15km 的传输距离。

图 3-3 背靠背&过长纤后的 BER

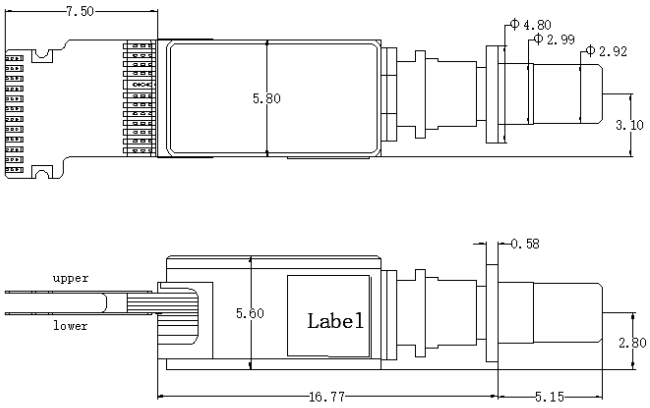


3.1.2 紧凑型的结构设计

25G Tunable-TOSA 基于上述单片集成芯片，采用气密封装形式保证其在复杂环境下的稳定性和可靠性。得益于芯片的高集成度，器件封装结构可以实现小型化设计。器件封装所涉及的物料更为减少，封装工艺也得以简化。

25G Tunable-TOSA 的光接口采用标准的 LC 接口，电接口采用双 FPC 形式，器件的具体尺寸如下图所示。海思光电的 25G Tunable-TOSA 在器件主体长度上较业界水平减小 10%左右，对光模块的整体布局更为友好。

图 3-4 25G Tunable-TOSA 关键尺寸



依托光芯片的高集成和紧凑的器件封装，此款 Tunable-TOSA 具有很好的批量制造性和成本优势，在海量交付的 5G 时长中更有竞争优势。

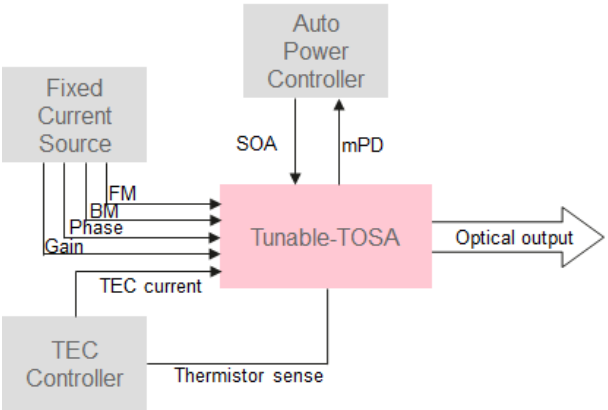
3.1.3 高精度的波长调节及稳定性

25G Tunable-TOSA 的本身特性和其外围驱动电路的精度和稳定性是保证实现高精度波长调节和长期稳定性的必要条件。

对于 25G Tunable-TOSA，其单片集成 DBR 和 MZ 调制器的光芯片设计上确保每个波长的模式余量充裕，再结合器件级别低应力结构设计和特殊封装工艺，保证了器件波长的长期稳定性。

正确的驱动方式是 25G Tunable-TOSA 器件发挥其出色性能的前提，对于波长和功率的控制，其建议驱动形式如下图所示：TEC 和热敏电阻组成温度控制电路，保证器件工作温度的稳定；由于无锁波结构，对于 FM、BM 和 Phase 在标定好以后，使用高精度和高分辨率的恒定电流源驱动；通过监控 PD（monitor-PD/mPD）上报监控器件的出光功率，通过 SOA 调节器件的出光功率。

图 3-5 器件波长和功率控制框图



在合理的外围电路的配合下，25G Tunable-TOSA 可支持 100GHz 间隔的 48 波 DWDM 场景，保证整个寿命周期内频率漂移小于 12.5GHz。

3.1.4 支持调顶特性，提升运维效率

基站的海量部署带来了对网络的开通速度提出了新的挑战。为了提升运维效率，25G Tunable-TOSA 的彩光模块采用在正常光信号上叠加低频调制信号方法获得带外的调顶信息通道，该信息通道携带的 OAM 信息可简化光层的管理。如下图所示。

图 3-6 基于调顶功能的网络应用

基于调顶信息通道，可以在前传组网中支持波长的自协商，实现波长的自动分发。在现网施工时，无需人工干预和父项设备的支持，光模块可以实现即插即用，极大节省开通工作量。25G Tunable-TOSA 采用了高性能激光器，整个链路预算裕量大，将调顶带来的灵敏度损失（0.5~1dB）控制在裕量以内，不影响传纤性能。该方案无需复杂实现电路，以极低的成本代价显著提升网络的运维效率。

基于 Tunable-TOSA 的波长可调和调顶特性，该光模块可以实现波长的自协商。在不用人工配置的情况下，实现局端和远端的波长自动协商调整以实现网络的通信正常。Tunable-TOSA 实现波长的自协商的原理如下：从初始波长顺序调整波长，带外通道同时发送本端波长信息，收端接收对端带外通道波长信息，两边握手后完成波长的设置。

图 3-7 波长自协商场景说明

在波长自协商的场景应用中，用户无需区分局端或者远端模块。通过同一个模块即可覆盖局端和远端的应用。在 Tunable-TOSA 支持的波长调整范围内，收/发波长可以任意配对；同时，考虑到配置的便捷性，基于此 Tunable-TOSA 的光模块支持掉电波长保存。光模块上电后优先从上次协商成功波长开始调整。此外，该光模块也支持波长自协商或手动波长配置两种工作模式，可通过软件的配置开关实现选择，满足不同场景的工作需要。在典型的业务场景中，可以在 3 分钟内完成 48 波组网应用下的波长自协商。

3.2 25G ROSA 组件

ROSA 完成光信号到电信号转换。可以根据实际需求选用 PIN ROSA 或 APD ROSA 的不同方案。

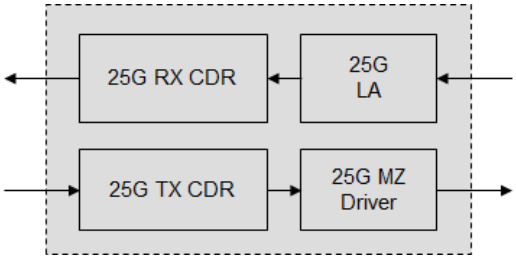
由于发端 Tunable-TOSA 发送光功率以及消光比都较高，整体传送性能好，收端采用 PIN ROSA 也能覆盖 10km 大部分应用，同时具有更高的成本竞争力；针对 15km 或者链路损耗较大的场景下，也可以采用 APD ROSA，获得更好的灵敏度和更大的光功率预算。

3.3 oRFIC 部件

关键 oRFIC 包括 DRV、TIA 等。为实现小型化的 SFP/SFP28 封装，在发送侧一般选用集成的 DRV Combo 的方案：单芯片集成接收 CDR、发送 CDR、DML DRV、LA 等功能，完成 Tunable-TOSA 驱动以及收发电信号的整形处理。集成方案可以大幅降低功耗，同时节省 PCB 布局面积，简化设计、提高可靠性，同时降低成本。

在接收侧，采用 TIA 配合 PIN/APD，完成光信号转换的微弱电信号的放大。

图 3-8 25G Tunable-DWDM 模块的 oRFC 部件



4. 总结

5G 时代已经到来，25G 的前传接口复用以太协议，运维手段丰富，且可以重用 25G 以太光模块底层产业链，已经是行业共同选择的前传主流接口。当前无线基站建设数量激增，各运营商 CAPEX 成本压力增大，推动着 25G 前传光模块迈向更低成本。光纤资源日益紧张，推动着运营商对于彩光模块的追求。

海思光电的 25G Tunable-DWDM 光模块的产品可以满足 5G 前传网络在大容量、高可靠、易运维等多方面的诉求，为 5G 前传构建多样化的接入管道。

版权所有 © 海思光电子有限公司 2022。保留一切权利。

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

商标声明

HISILICON OPTOELECTRONICS为海思光电子有限公司的商标。

本文档提及的其他所有商标或注册商标，由各自的所有人拥有。

注意

您购买的产品、服务或特性等应受海思光电子有限公司商业合同和条款的约束，本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用范围之内。除非合同另有约定，海思光电子有限公司对本文档内容不做任何明示或暗示的声明或保证。

由于产品版本升级或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。