

TC000003 WDM原理

ISSUE 1.1



光网络产品课程开发室

WDM技术是一种比较先进的光纤通信新技术，并且相对成熟，已经进入到商用阶段，通过本课程的学习，使我们对于WDM的原理有一个基本的了解和认识。

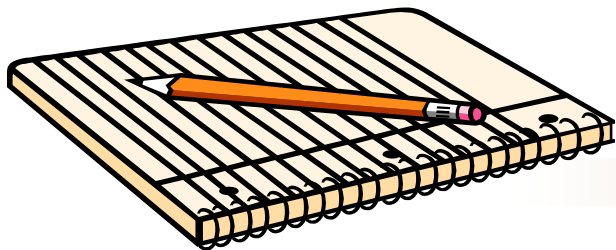


学习完本课程，您应该能够：

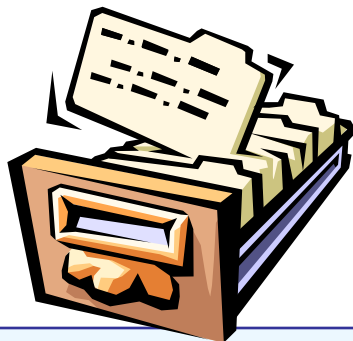
- 了解并掌握WDM的一些基本概念及WDM的原理、传输方式以及组成；
- 了解WDM的传输媒质；
- 掌握DWDM的技术原理和关键技术实现方法；
- 了解WDM光传输系统的技术规范。



- 第一章 波分复用技术概述
- 第二章 WDM 传输媒质
- 第三章 DWDM关键技术
- 第四章 WDM光传输系统的技术规范



- (1) 《光纤通信基础》
- (2) 《密集波分复用技术导论》
- (3) 《DWDM传输系统原理与测试》
- (4) 《高速光纤通信ITU-T规范与系统设计》
- (5) 《TA052401 光监控信道及其在DWDM系统中的应用 ISSUE1.0》
- (6) 《TC000001 光纤与光器件 ISSUE1.0》
- (7) 《TC000002 光放大器 ISSUE1.0》



WDM技术发展背景

光传送网络的快速发展，数据业务爆炸式增长，传统的PDH、SDH带宽已经无法应对。目前商用的DWDM系统容量已达320 Gb/s、1.6Tb/s。实验室还正在进行更大容量DWDM的试验。

运营商经营理念的转变、投资更加理性化。

全光网络、网络融合、MSTP：
光交叉连接与波长路由器已经问世。数据与光的结合，未来的网络可能是把IP/ATM交换机直接接至光传送网上；向光组网的转变是宽带革命的核心。

怎样增加传输容量

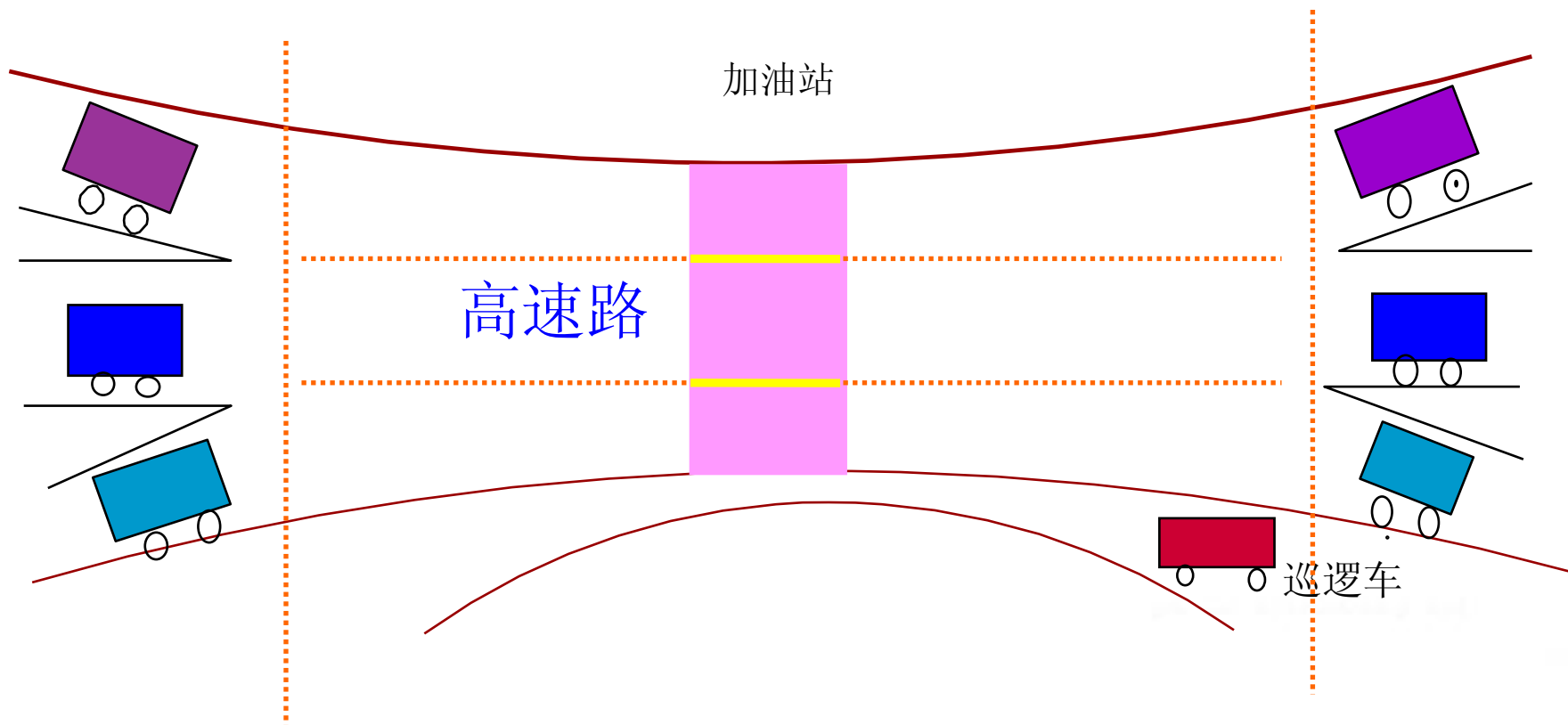


波分复用 (WDM) 技术已经成熟, 成为很好的扩容方式

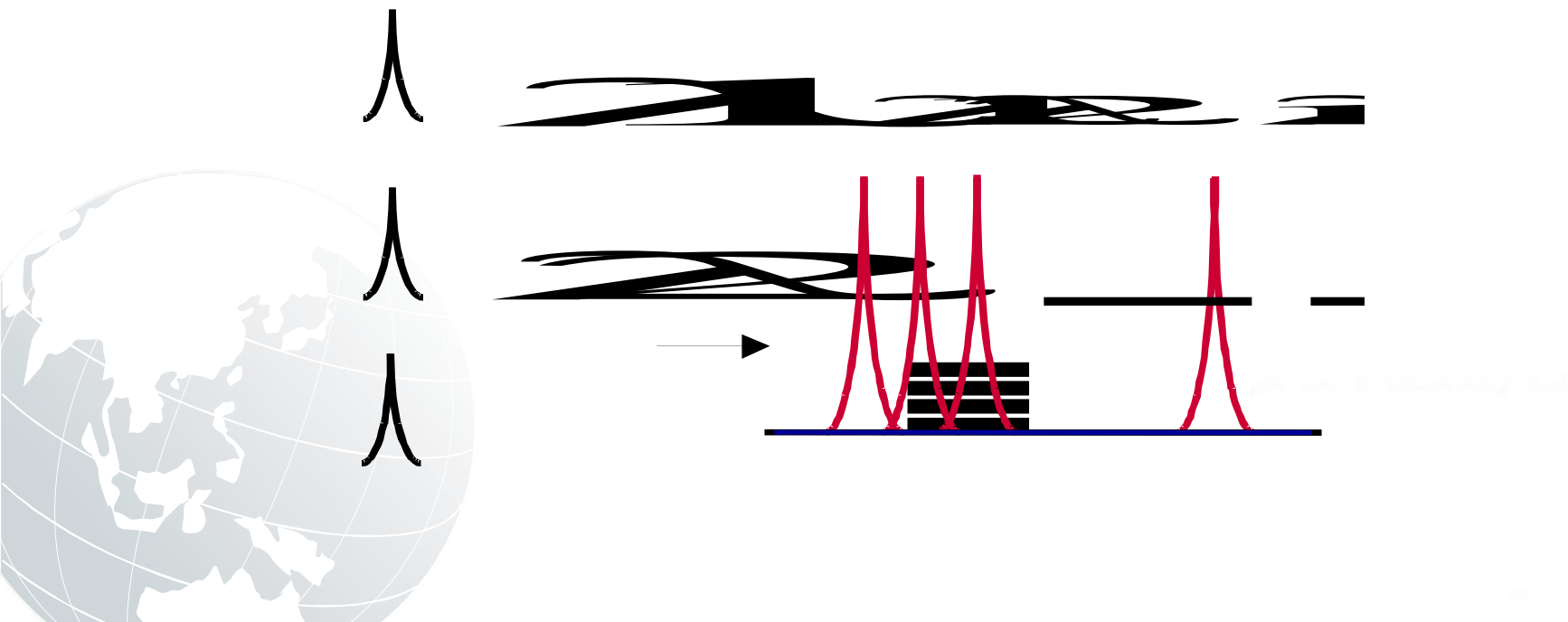
使用更高比特率TDM。STM-1--STM-64

采用SDM, 铺设多芯新光缆(需考虑时间与成本)

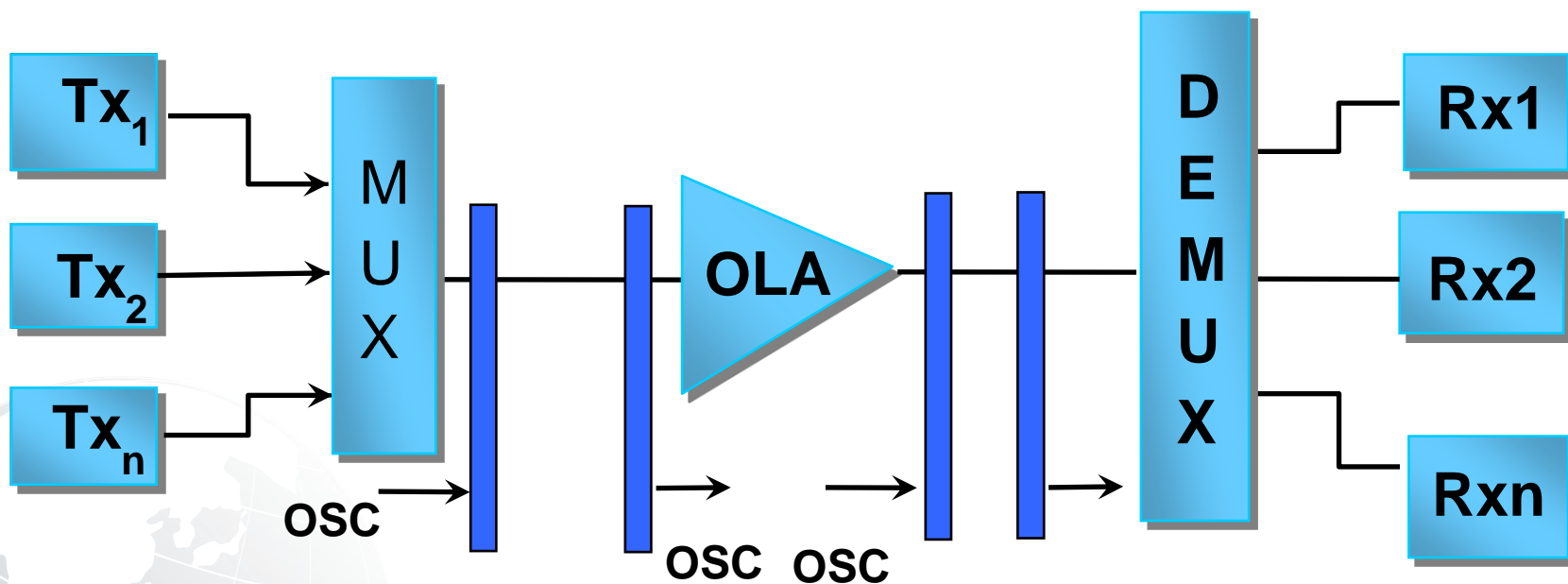
什么是波分复用?



把不同波长的光信号复用到一根光纤中进行传送的方式统称为波分复用。

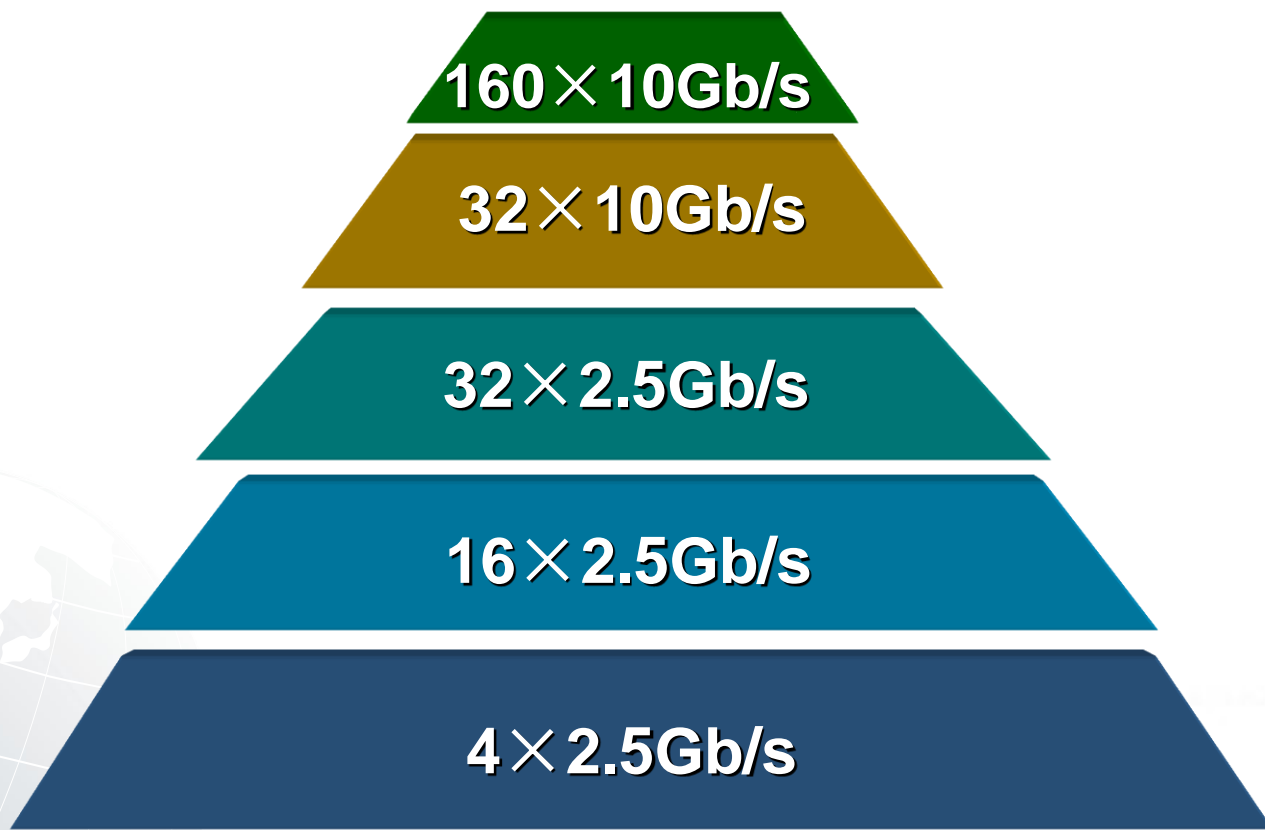


WDM系统结构图

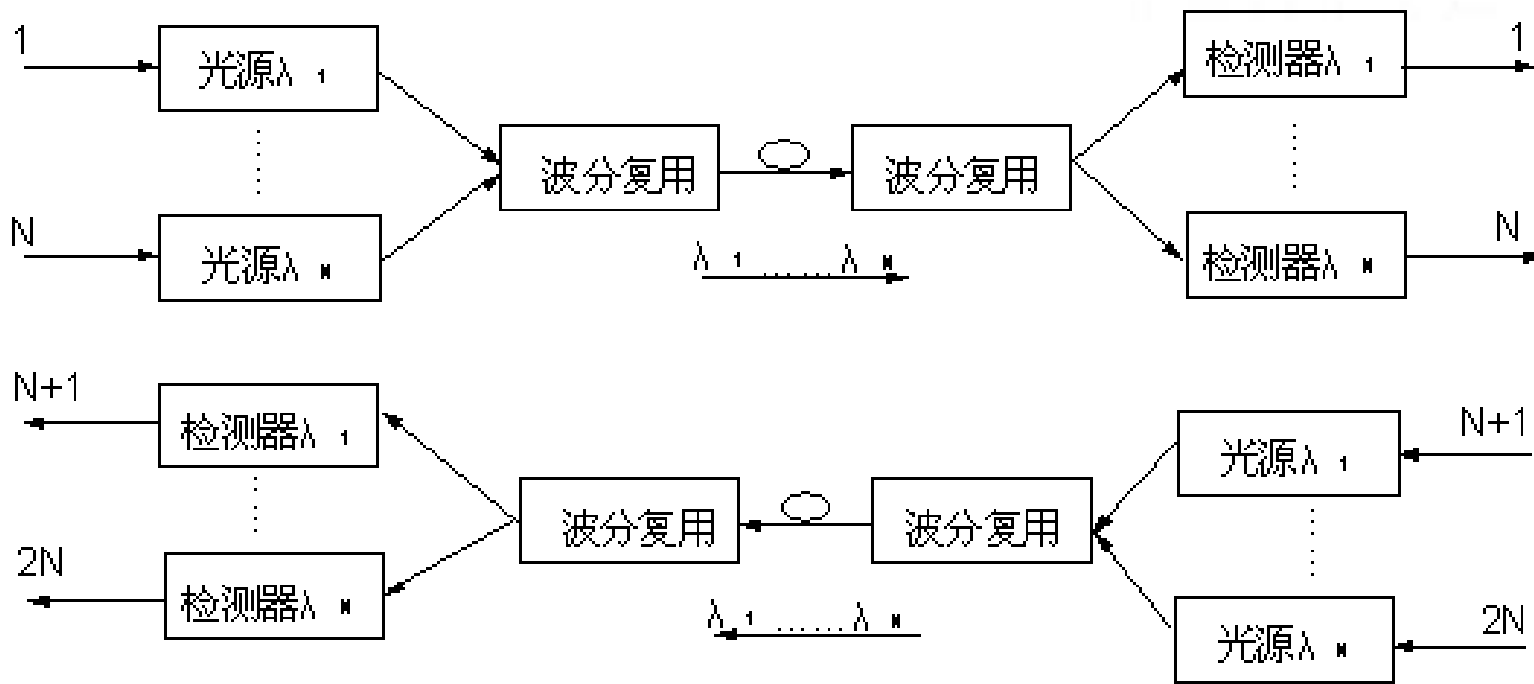




华为公司DWDM产品的演变

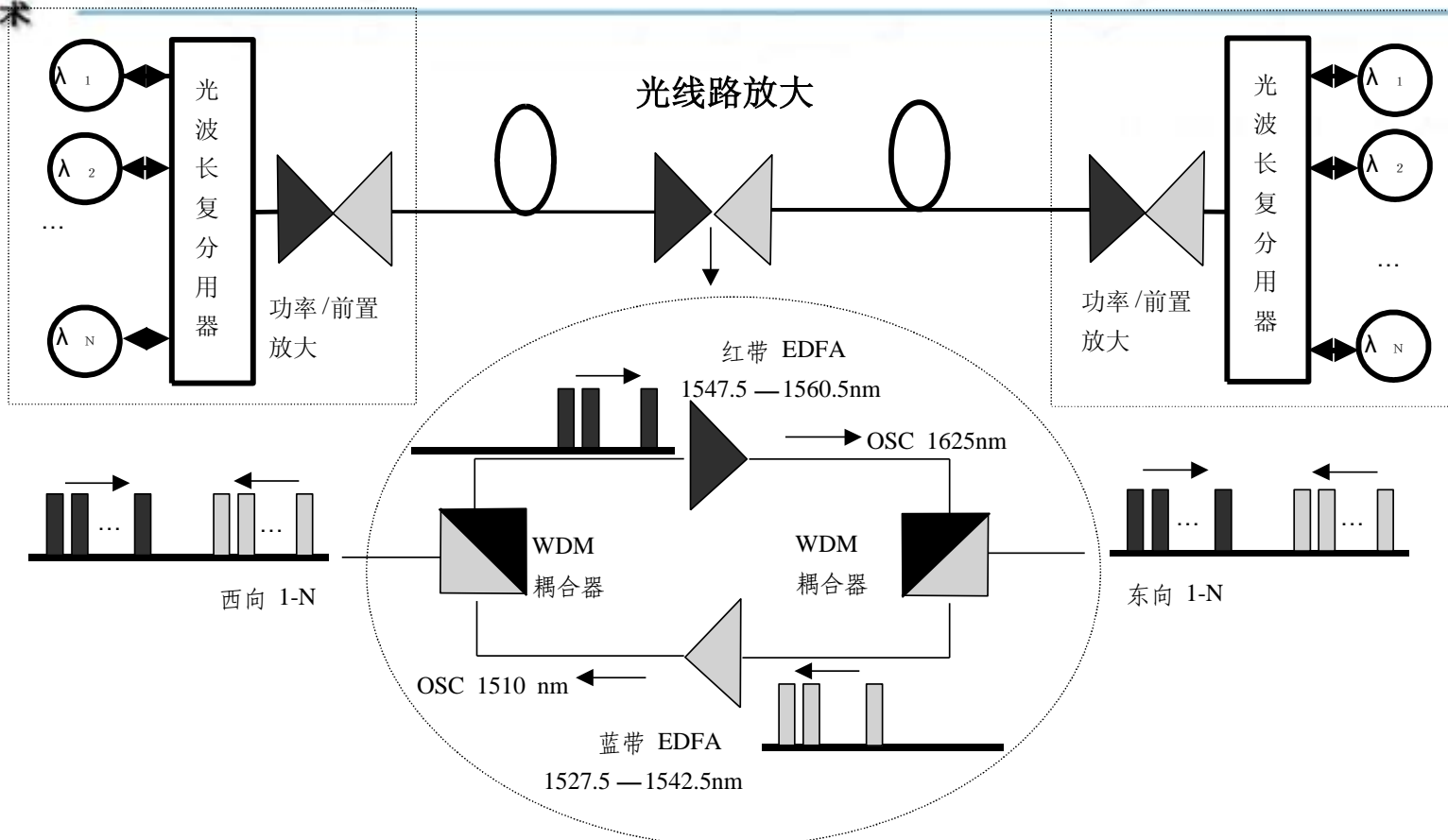


单向WDM



单向波分复用系统采用两根光纤，一根光纤只完成一个方向光信号的传输，反向光信号的传输由另一根光纤来完成。

双向WDM



双向波分复用系统则只用一根光纤，在一根光纤中实现两个方向光信号的同时传输，两个方向光信号应安排在不同波长上。



WDM应用形式

- **开放式WDM**

开放式DWDM系统的特点是对复用终端光接口没有特别的要求，只要求这些接口符合ITU-T 建议的光接口标准。

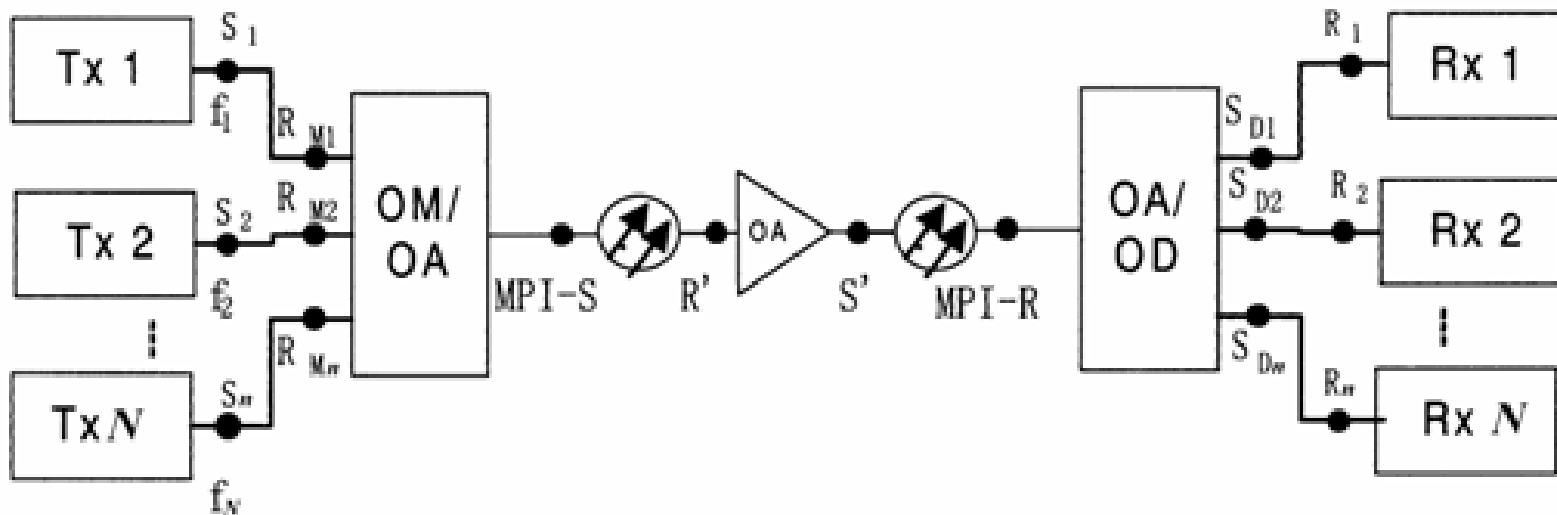
- **集成式WDM**

集成式DWDM系统没有采用波长转换技术，它要求复用终端的光信号的波长符合DWDM系统的规范，不同的复用终端设备发送不同的符合ITU-T建议的波长，这样他们在接入合波器时就能占据不同的通道，从而完成合波。

WDM系统组成

N路波长复用的WDM系统的总体结构主要有：

- 光波长转换单元（OTU）；
- 波分复用器：分波/合波器（ODU/OMU）；
- 光放大器（BA/LA/PA）；
- 光监控信道/通路（OSC）；



● DWDM的优点

- ↑ 超大容量。
- ↑ 对数据的“透明”传输。
- ↑ 系统升级时能最大限度地保护已有的投资。
- ↑ 高度的组网灵活性、经济性以及可靠性。
- ↑ 可兼容全光网交换。





CWDM简介

- CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplex) 稀疏波分复用

CWDM与DWDM的区别:

- CWDM载波通道间距较宽，因此一根光纤上只能复用2到16个左右波长的光信号。
- CWDM调制激光采用非冷却激光，而DWDM采用的是冷却激光，整个CWDM系统成本只有DWDM的30%。
- 稀疏波分复用系统一般工作在从1260nm到1620nm波段，间隔为20nm，可复用16个信道，其中1400nm波段由于损耗较大，一般不用。



DWDM与SDH的比较

- 1.传输媒质相同
- 2.**SDH**: 电域同步复用; **DWDM**: 光域上的复用
- 3.交叉连接、分插复用从电域向光域发展(全光网)
- 4.**DWDM**应用: 长途干线, 本地网(**PDH**→**SDH**→**DWDM**)
- 5.承载的业务类别的比较



问题

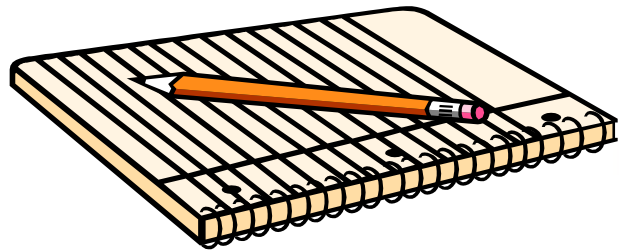
1. 什么是WDM、DWDM以及CWDM?
2. 简述WDM设备的两种传输方式?
3. 什么是开放式与集成式系统?
4. 简述WDM系统的组成?



小结

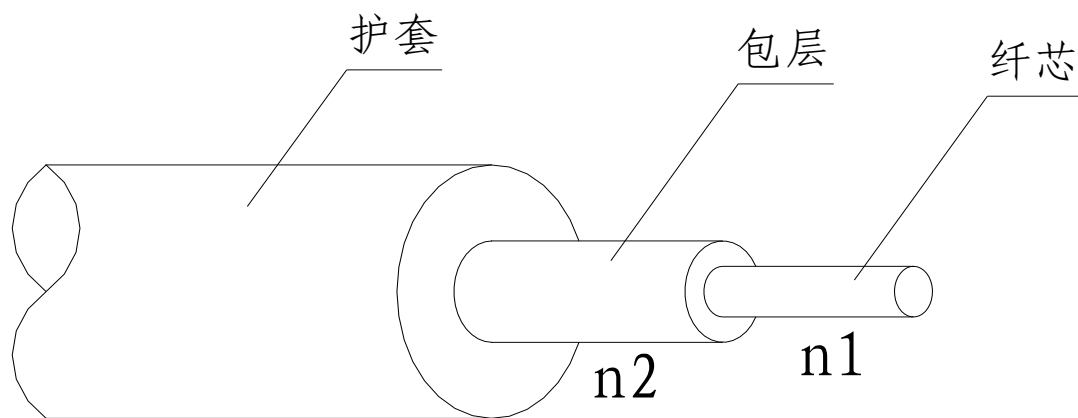
- 这一章我们主要学习了：
- 波分复用技术的基本概念、原理；
- WDM如何发展而来；
- WDM的工作方式以及组成形式以及WDM的特点。

- 第一章 波分复用技术概述
- 第二章 WDM 传输媒质
- 第三章 DWDM关键技术
- 第四章 WDM光传输系统的技术规范



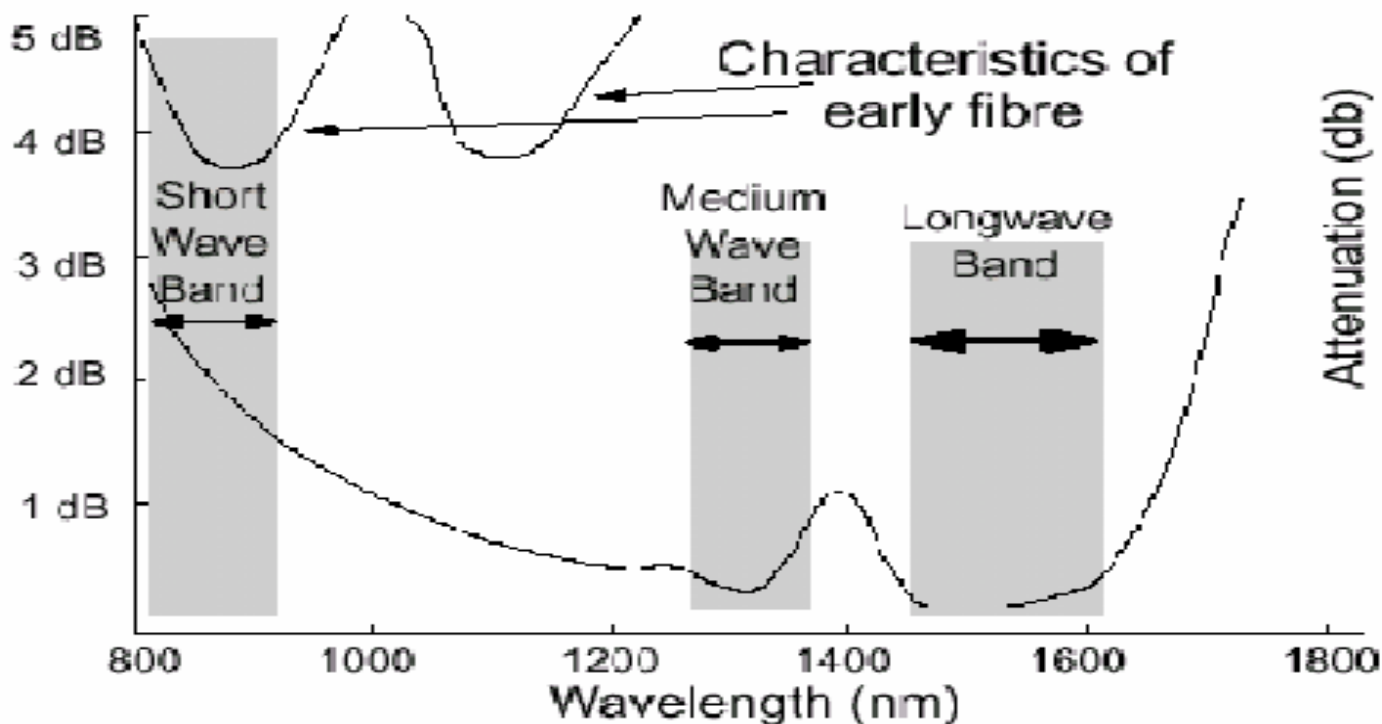
光纤的结构

- 光纤是由圆柱形玻璃纤芯和玻璃包层构成，最外层是一种弹性耐磨的塑料护套，整根光纤呈圆柱形。



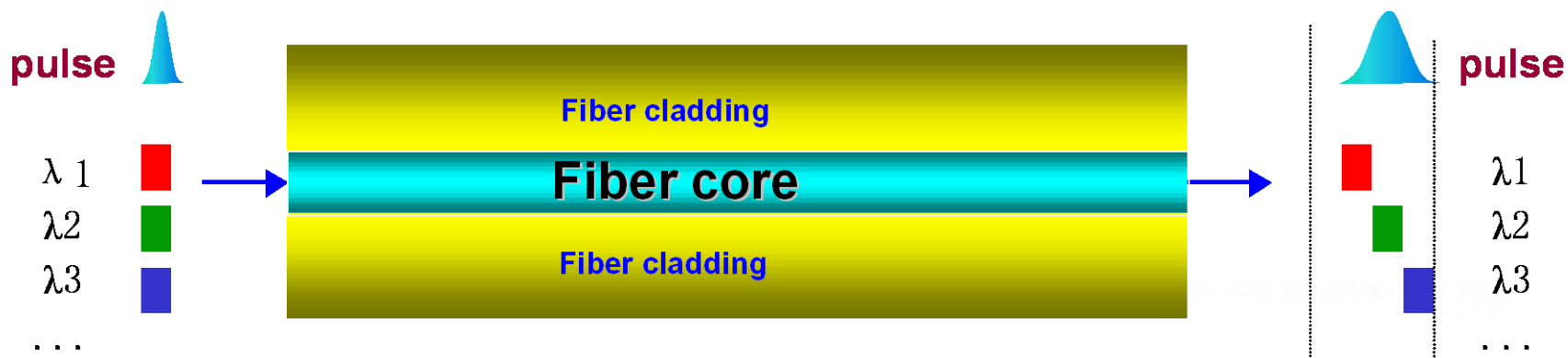
光纤的损耗

- 光纤的损耗主要取决于吸收损耗、散射损耗、弯曲损耗三种损耗。
- 衰减系数



光纤中的色散

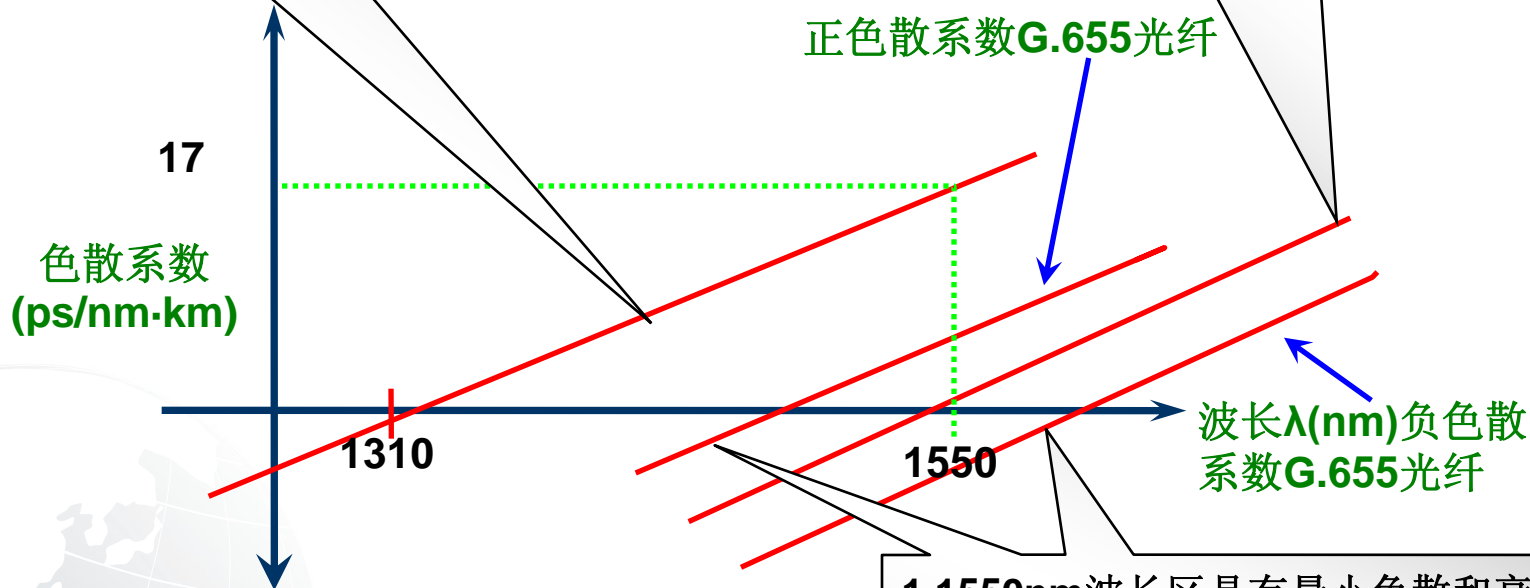
- 光纤中的色散可分为模式色散、色度色散、偏振模色散
- 由于光源的不同频率（或波长）成分具有不同的群速度，在传输过程中，不同频率的光束的时间延迟不同而产生色散称为色度色散。



传输媒质分类

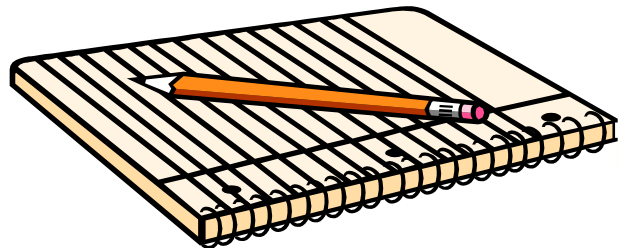
G.652光纤:大量铺设, 传高速信号需色散补偿

G.653光纤:1550nm波长区混频严重, 不适合DWDM

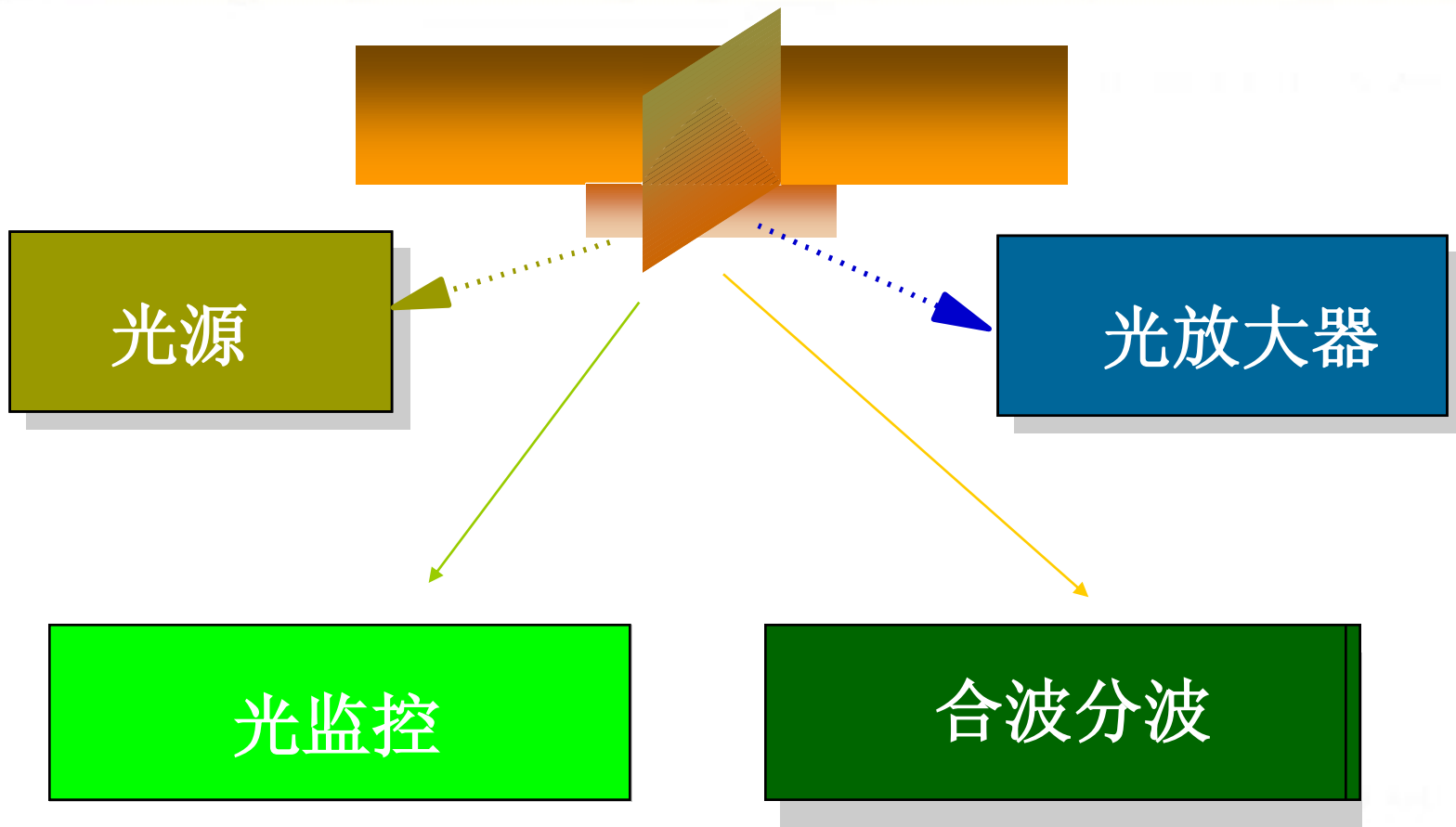


- 1.1550nm波长区具有最小色散和衰减, 适合DWDM系统、高速信号传输
- 2.应用: TrueWave真波光纤(正色散区的SPM效应有利于传输); LEAF-大有效面积光纤(克服非线性效应)

- 第一章 波分复用技术概述
- 第二章 WDM 传输媒质
- 第三章 DWDM关键技术
- 第四章 WDM光传输系统的技术规范



DWDM系统的关键技术



DWDM的光源要求

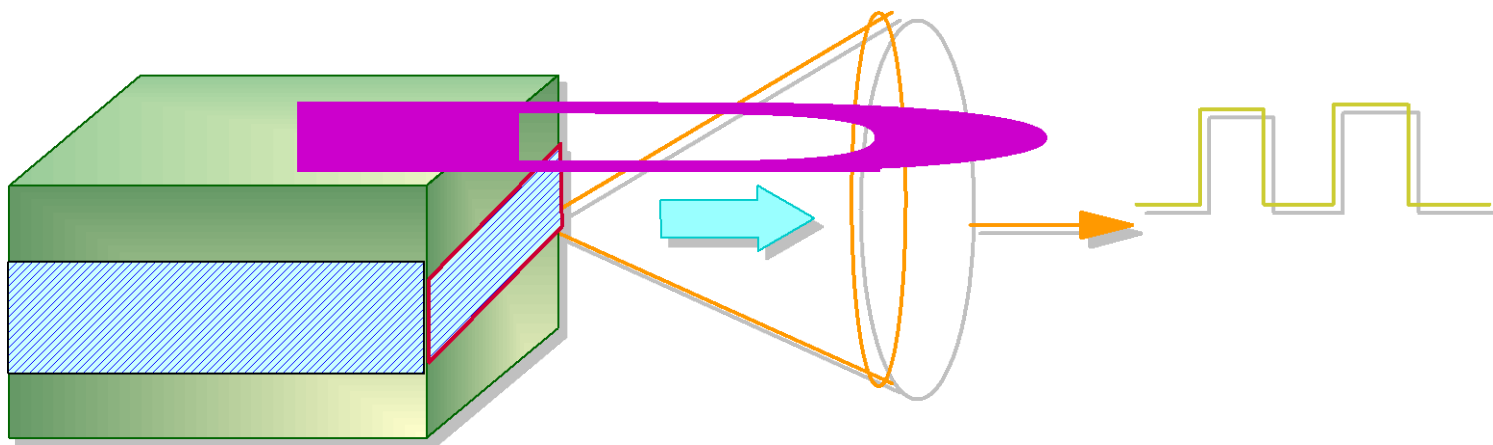
- 1)良好的光谱特性（超低啁啾声、适宜的光谱宽度）。
- 2) 输出具有较高的光信噪比。

1、直接调制光源

2、电吸收调制光源(EA)

3、马赫-策恩德尔调制光源(M-Z)

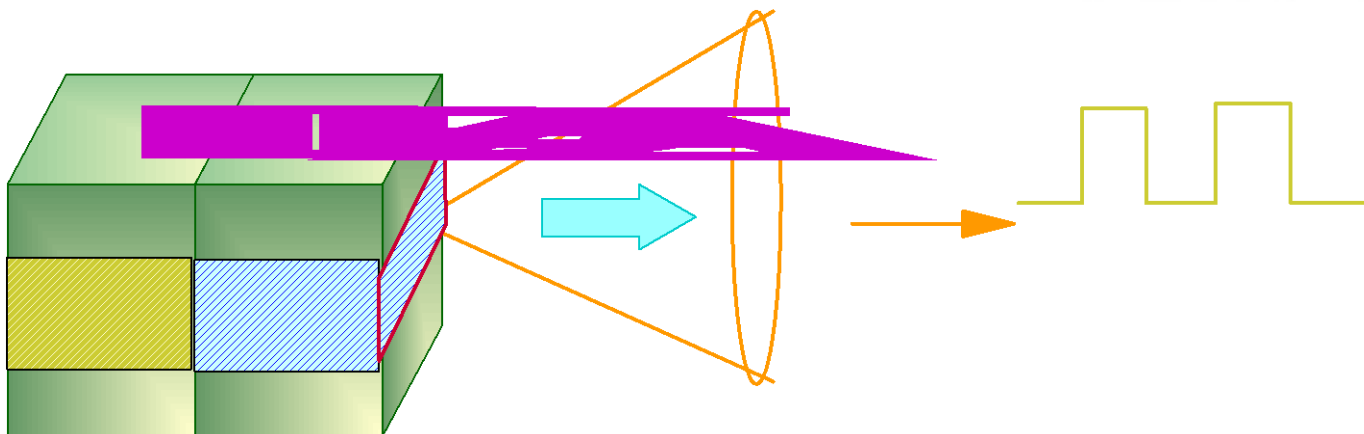
直接调制光源



优点：技术简单、成本较低

缺点：激光器有较大的频率啁啾；适用于短距离传输

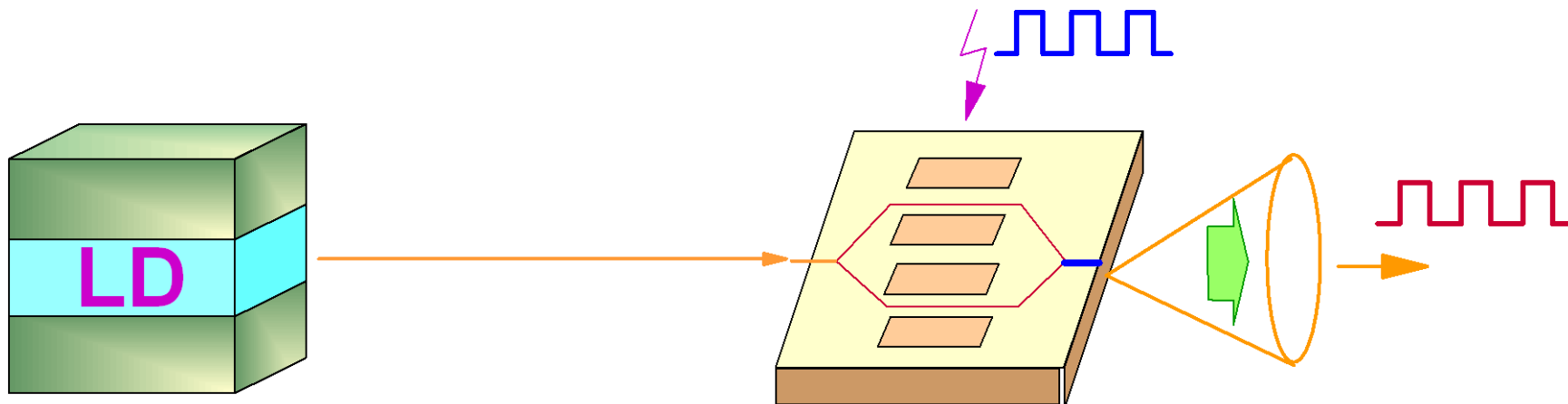
电吸收调制光源 (EA)



优点：频率啁啾较低，色散受限距离较长

缺点：技术较复杂

马赫-策恩德尔调制光源 (M-Z)



优点：可忽略啁啾，色散受限距离很长

缺点：成本高，技术难度大，不便于集成

光源比较

	直调光源	电吸收调制光源	马赫-策恩德尔调制光源
最大色散ps/nm	1200~2400	7200~12800	大于12800
成本	适中	贵	昂贵
波长稳定性	较好	好	很好

放大器

半导体光放大器(SOA)

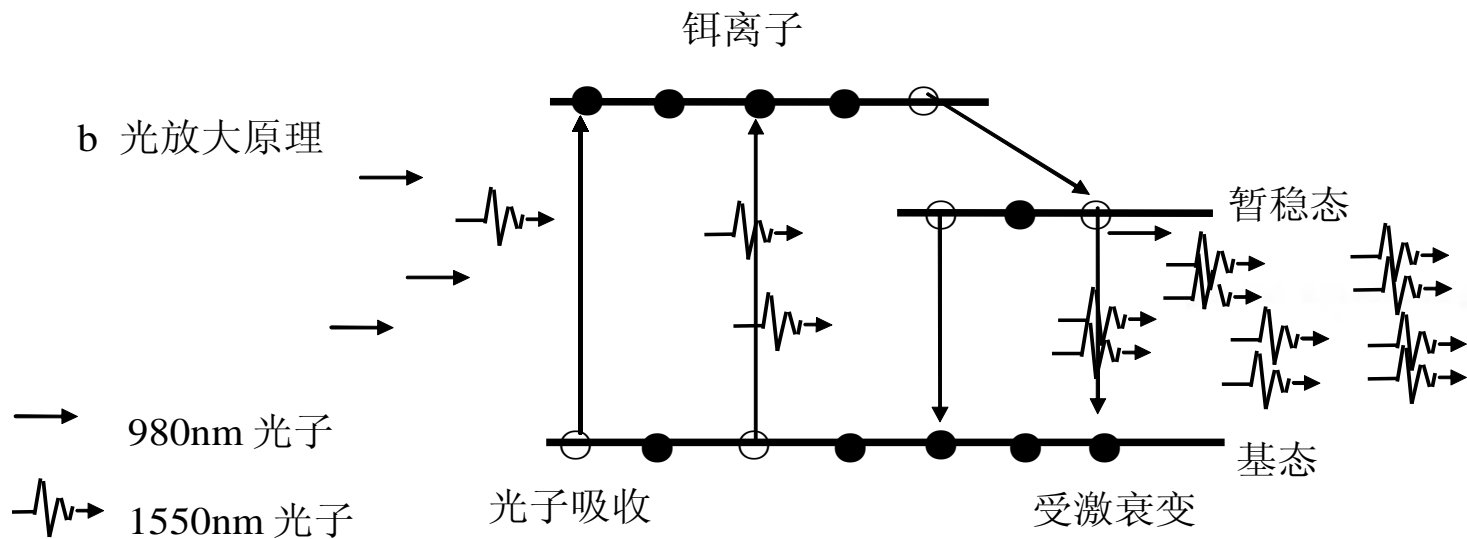
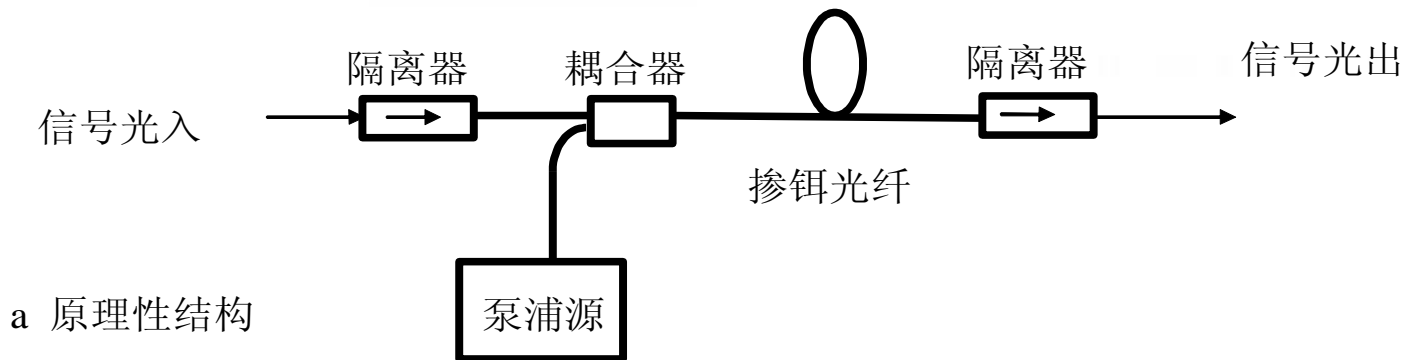
掺铒光纤放大器(EDFA)

拉曼放大器(Raman)

三种放大器的特点比较

	EDFA	SOA	Raman
技术成熟度	很成熟、大量应用	不很成熟	比较成熟
增益	高	一般	低
带宽	较宽	宽	很宽
入纤功率耦合效率	高	低	高
成本	适中	高	很高

EDFA组成及原理



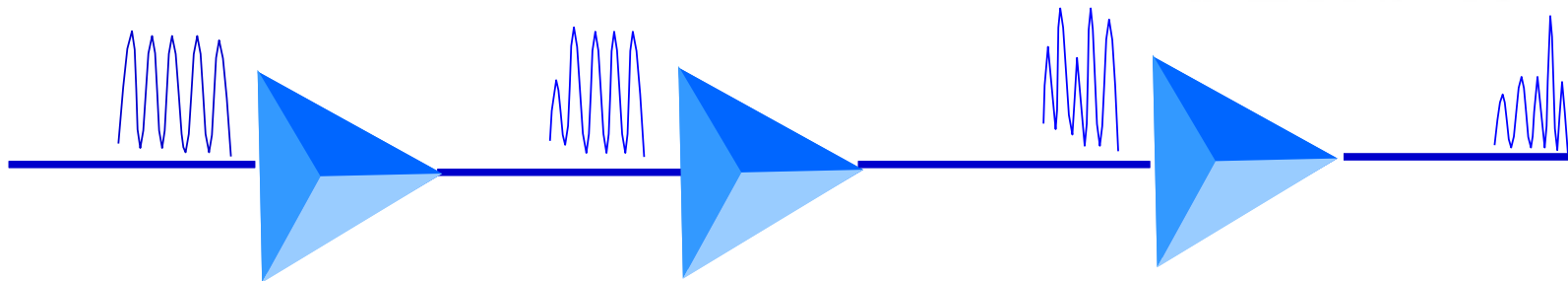
EDFA应用的问题

1. 非线性：提高了光功率，但达到一定程度会产生非线性效应(限制了EDFA的放大性能和长距离无中继传输)。
2. 光浪涌
3. 解决了衰减问题，但色散受限。

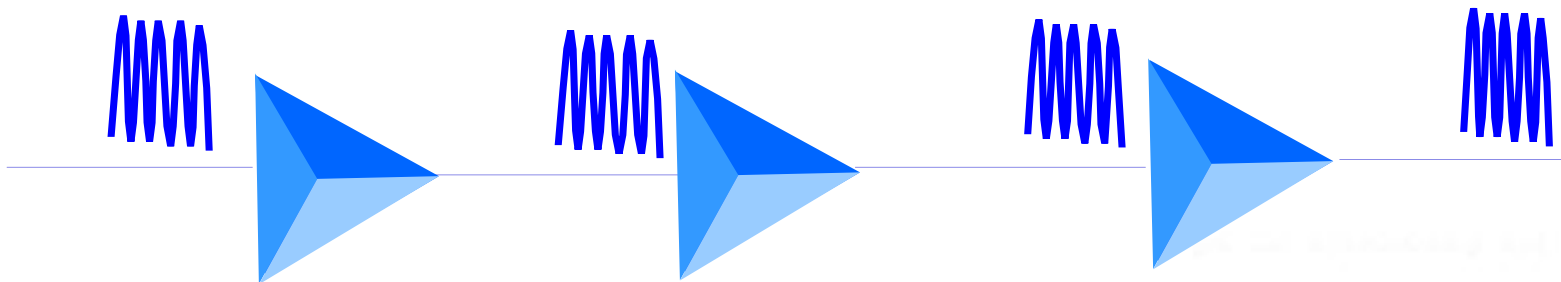
EDFA性能参数

	前置放大器PA	功率放大器BA	线路放大器LA
增益	适中	适中	大
噪声系数	低	适中	适中
应用场合	接收机前	发送机后	光中继站

增益平坦度



放大器增益不平坦的级联放大

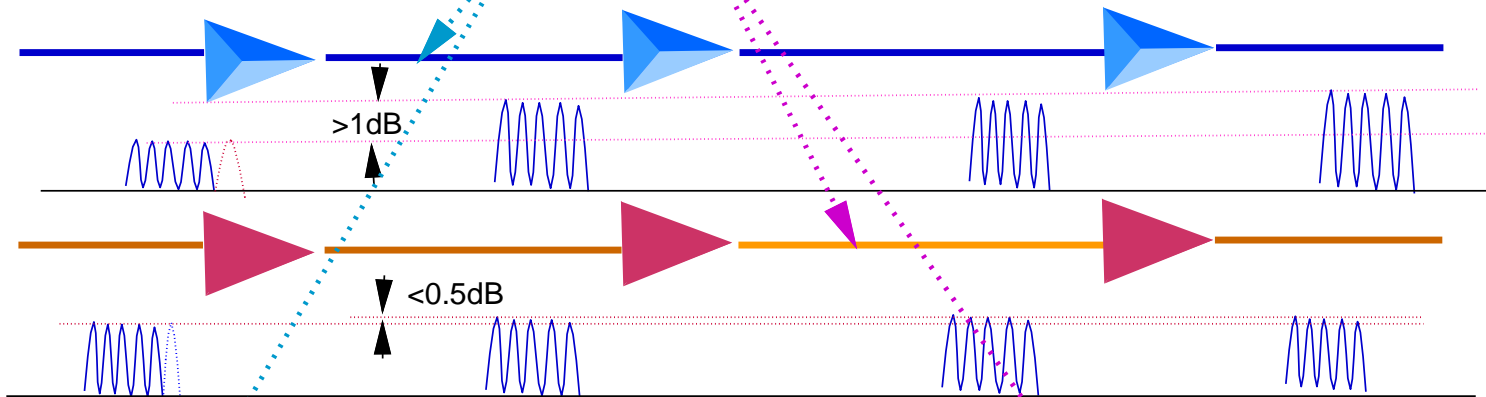


放大器增益平坦的级联放大

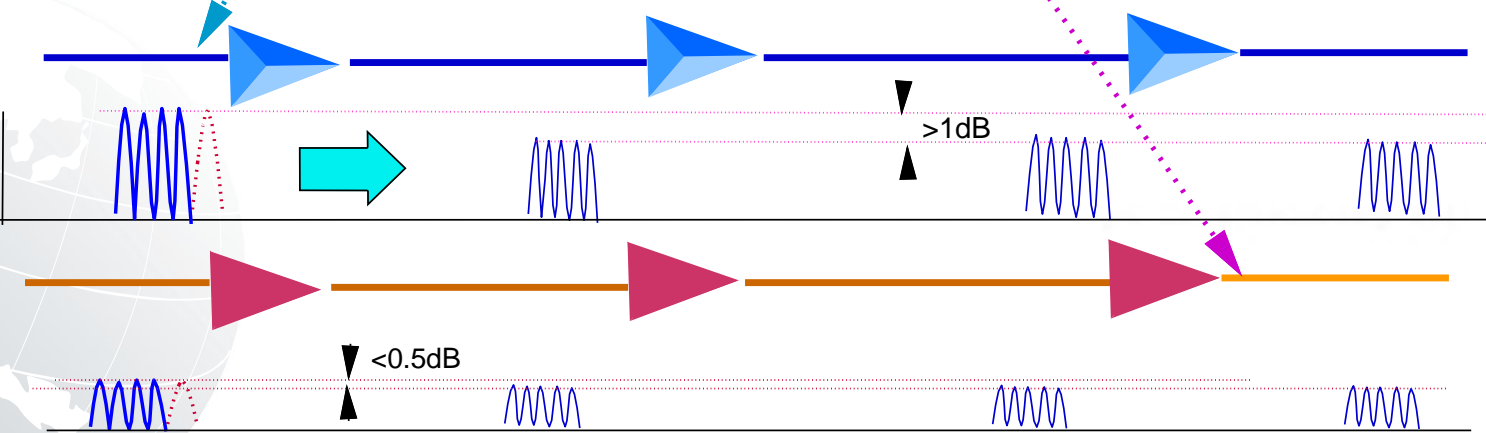
增益锁定

无增益锁定 有增益锁定

掉波

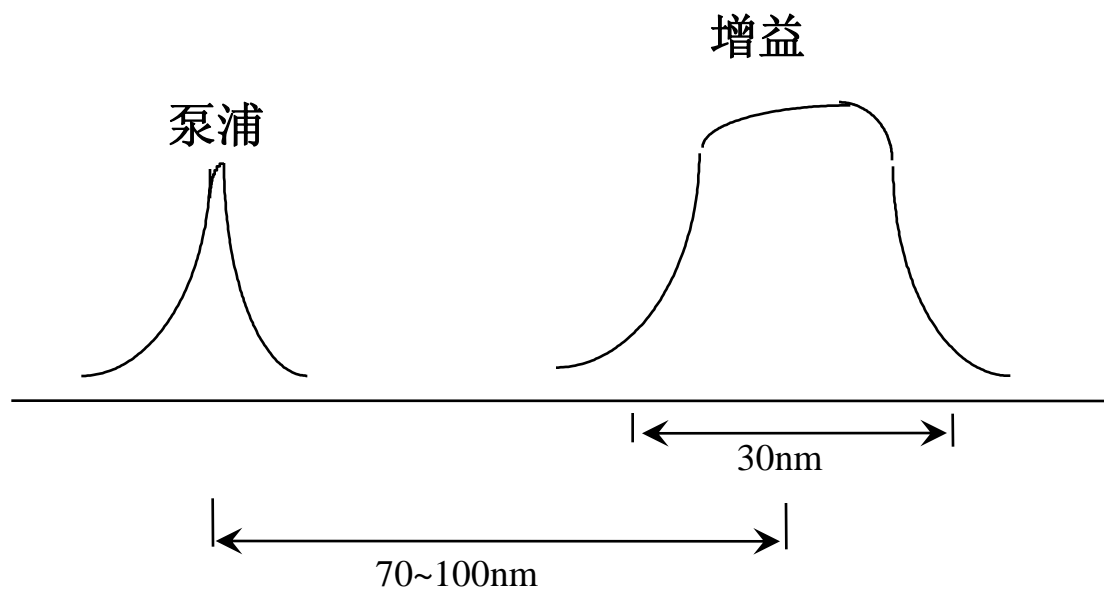


上波



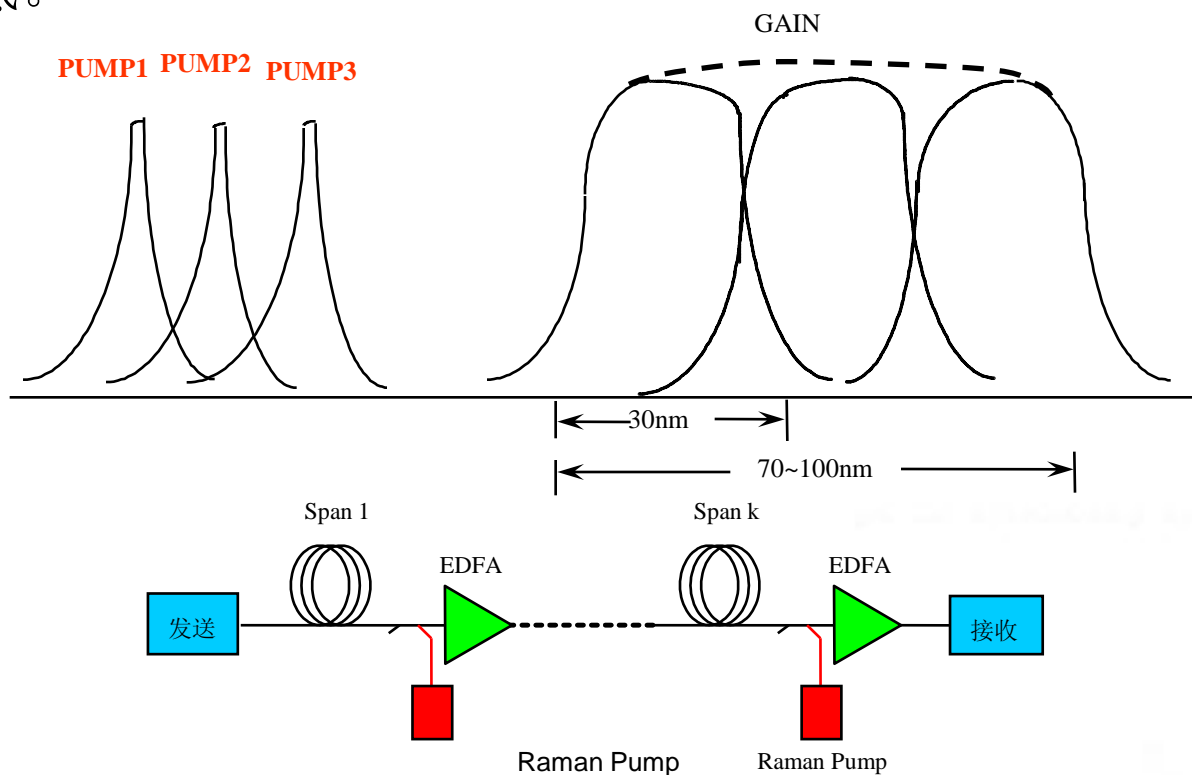
拉曼光纤放大器的原理

- 受激拉曼散射效应



拉曼光纤放大器的特点

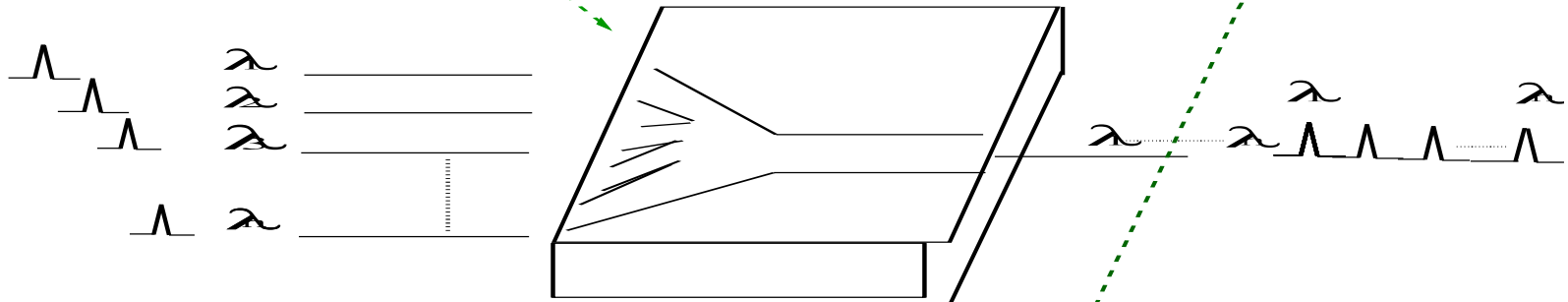
- 其增益波长由泵浦光波长决定；
- 其增益介质为传输光纤本身；
- 噪声指数低。



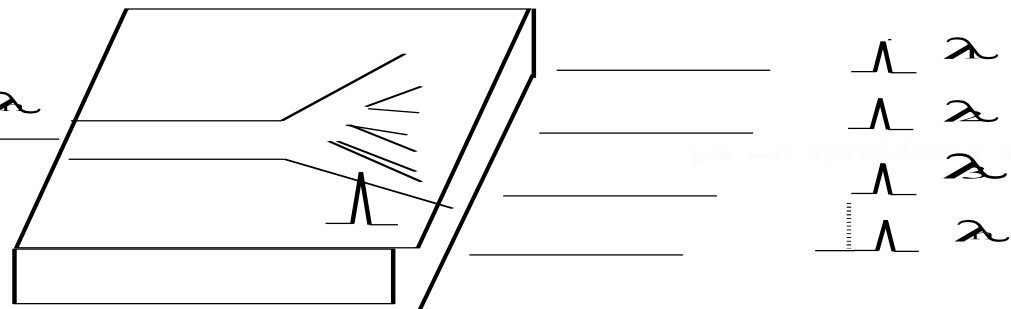
合波器与分波器

合波器

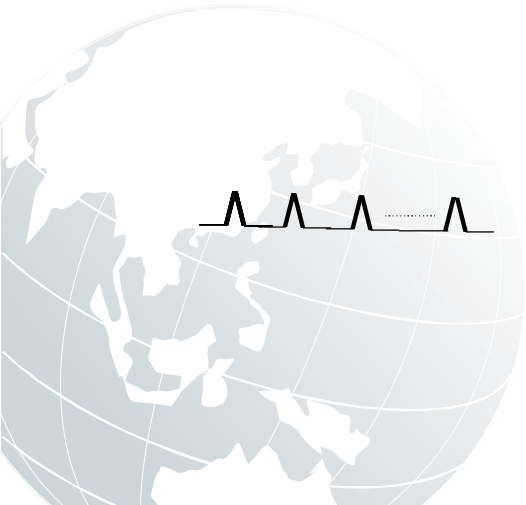
分波器



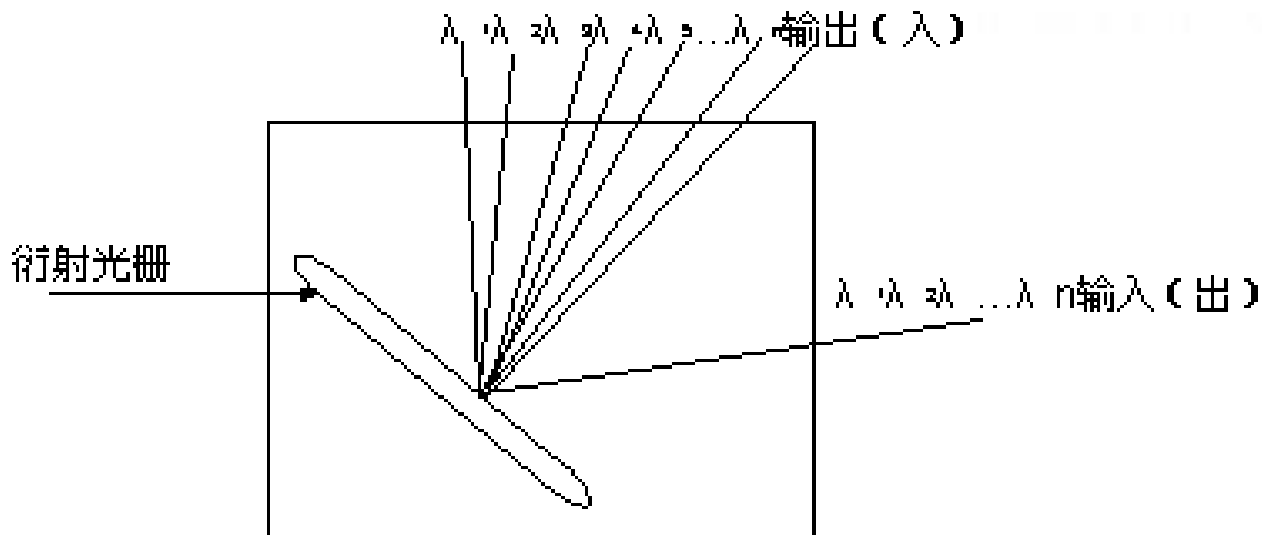
合波器



分波器

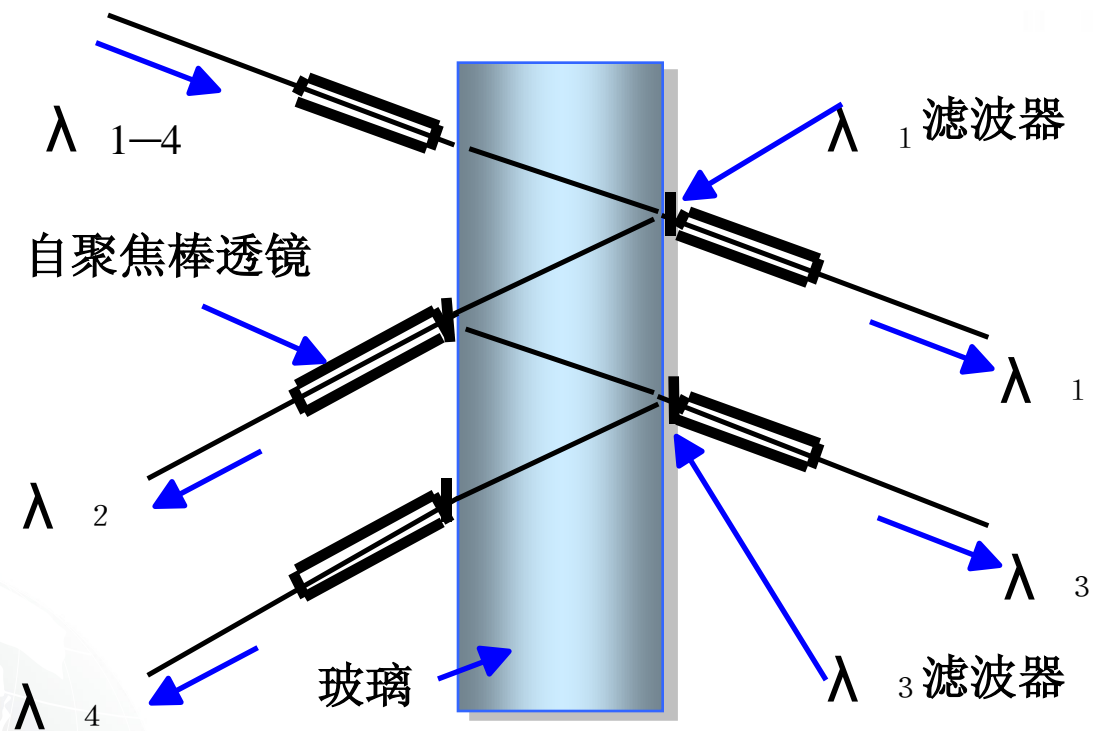


光栅型波分复用器



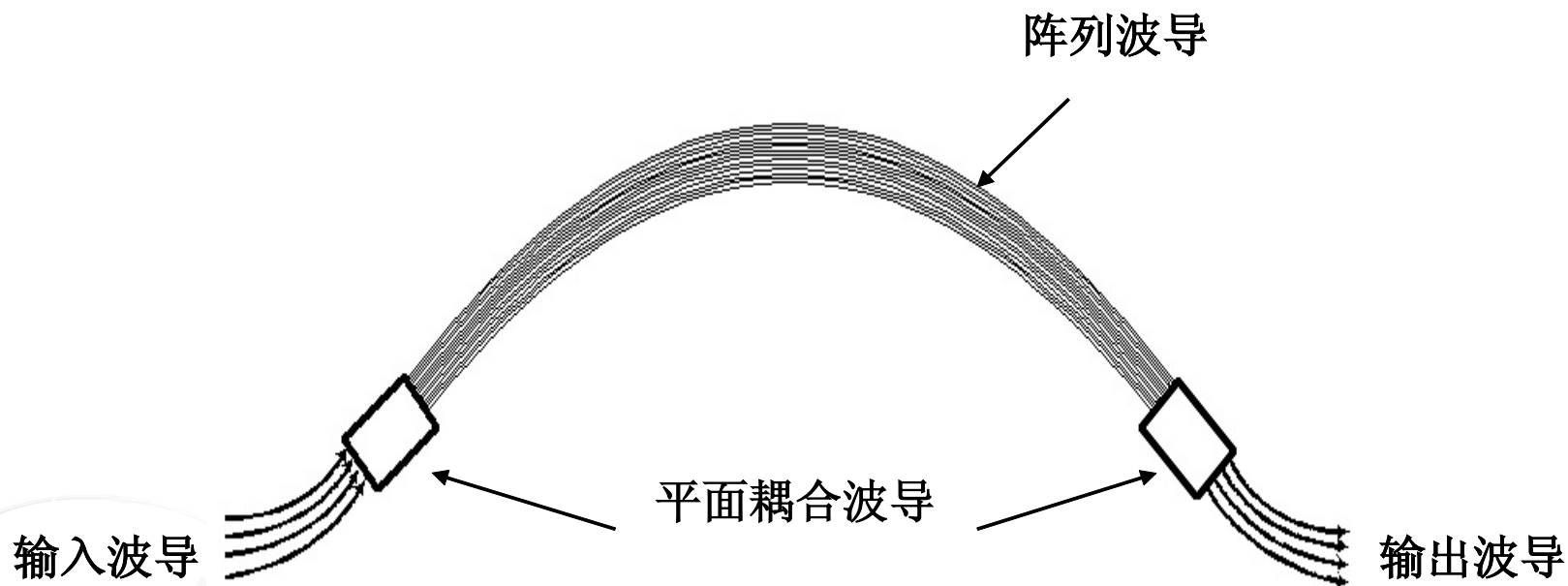
这类光栅在制造上要求较精密，不适合于大批量生产，因此往往在实验室的科学研究中应用较多。

介质薄膜型复用器

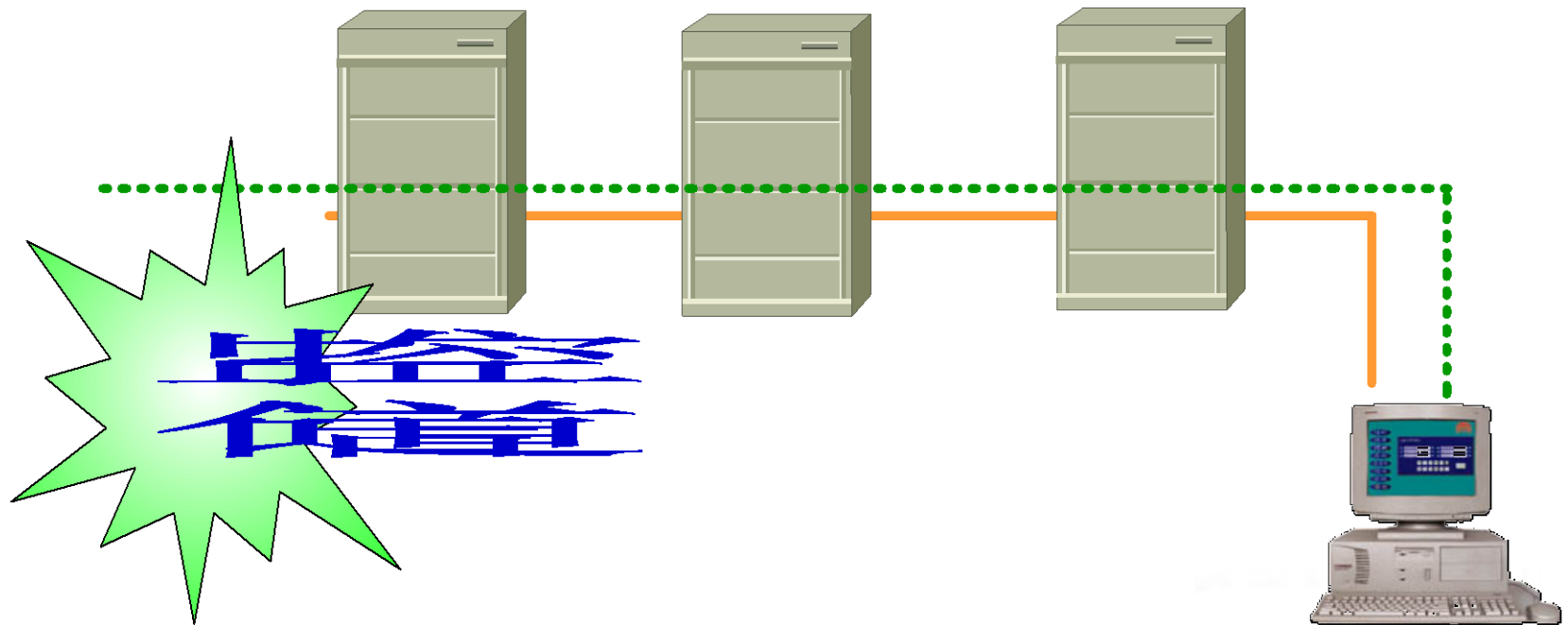


设计上可以实现结构稳定的小型化器件，信号通带平坦，且与极化无关，插入损耗小，通路间隔度好。但通路数不会很多。

波导阵列AWG



优点：波长间隔小、信道数多、通带平坦等优点，非常适合超高速、大容量的DWDM系统。代表了波分复用器件的发展方向。



传输有关DWDM系统管理和监控信息

- 1.工作波长优选**1510nm**
- 2.速率优选**2Mb/s**，保证不经放大也超长传输
- 3.接入和解出

不应限制**OA**上的泵浦光波；不应限制未来**1310nm**波长的业务；**OA**失效时仍有效；可超长传输；具有分段 双向传输功能。

典型OSC信息的帧结构



0时隙:帧定位字节

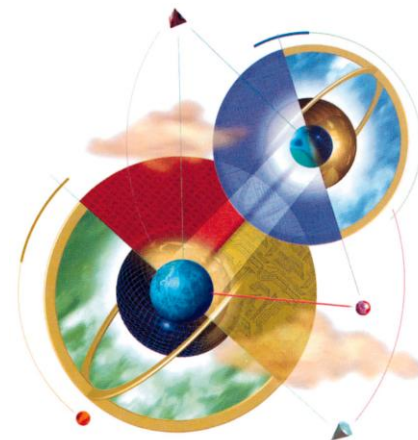
1时隙: E1字节 (中继段公务)

2时隙: F1字节

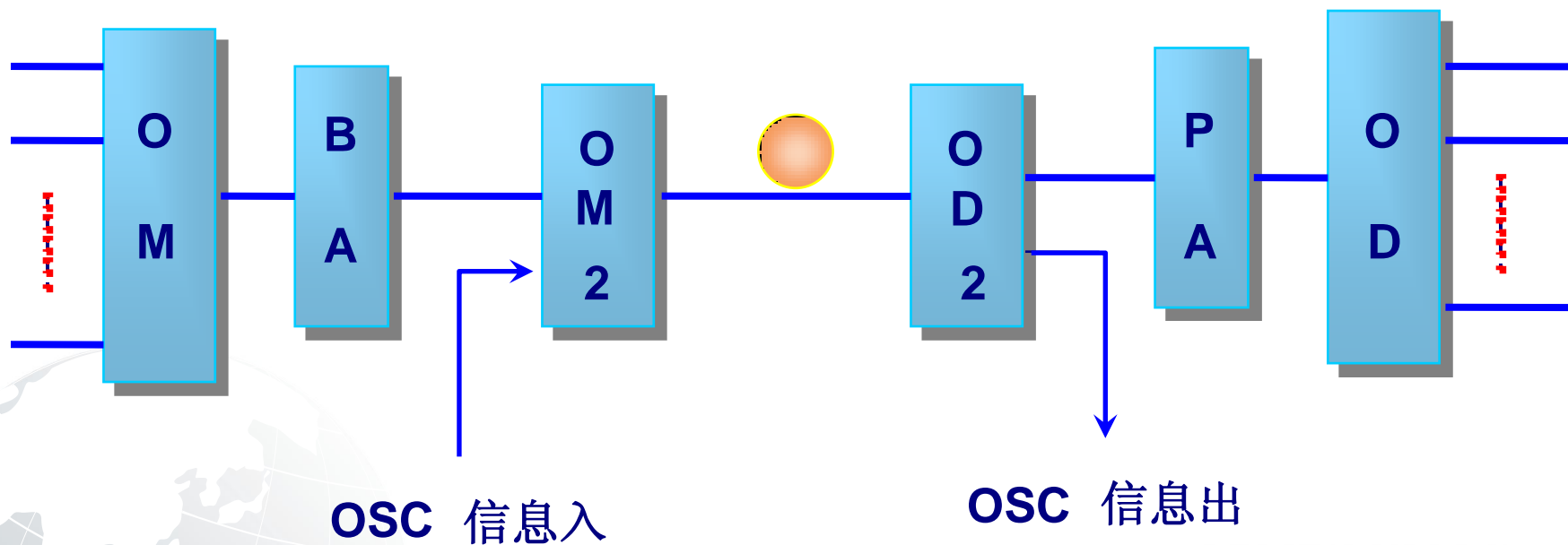
3-14时隙: D1—D12 (数据通信通道)

15时隙: E2字节(复用段公务)

16-31时隙:保留字节



设备中的监控信道





问题

1. 什么是电吸收激光调制方式和M-Z调制方式?
2. 波分复用器有哪几种类型，各有什么特点?
3. 光放大器有哪几种？简述EDFA的增益平坦控制和增益锁定?
4. DWDM的光监控信道的波长和监控速率是多少?

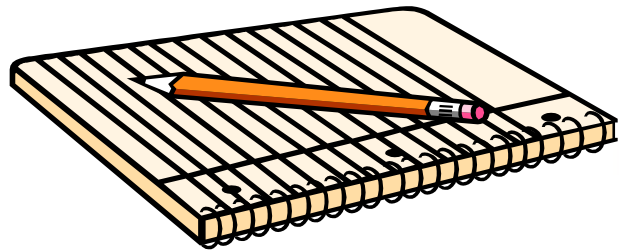


小结

这一章我们主要学习了：

- 光源
- 光放大器
- 波分复用器
- 光监控信道

- 第一章 波分复用技术概述
- 第二章 WDM 传输媒质
- 第三章 DWDM关键技术
- 第四章 WDM光传输系统的技术规范

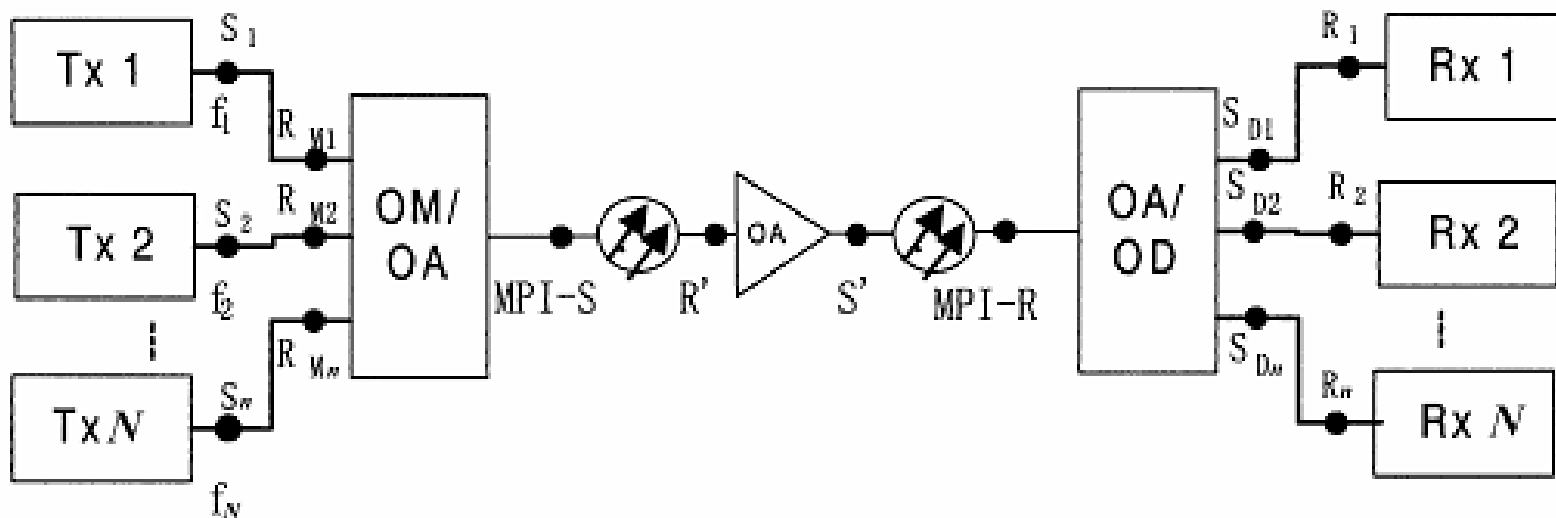




相关的ITU-T建议与国家标准

- YDN 120-1999** 《光波分复用系统总体技术要求》暂行规定
- YD/T1060-2000** **32×2.5Gbit/s**光波分复用系统技术要求
- YD/T1143-2001** **32/16×10Gbit/s**光波分复用系统技术要求
- G.652** 单模光纤光缆的特性
- G.655** 非零色散单模光纤光缆的特性
- G.661/ G.662 / G.663/G.681** 与放大器相关的系列标准
- G.671** 无源光器件要求
- G.957** **SDH**系统和设备的光接口
- G.691** 具有光放大器**SDH**单信道和**STM-64**系统的光接口
- G.692** 有光放大器多通路系统的光接口
- M.3100** 通用网络信息模型
- G.otn** 光传送网结构

传输通道参考点





光波长区的分配

- 光纤有两个长波长的低损耗窗口，1310nm窗口和1550nm窗口，均可用于光信号传输，但由于目前常用的掺铒光纤放大器的工作波长范围为192.1~196.1THz。因此，光波分复用系统的工作波长区为192.1~196.1THz。
- 标称中心频率指的是光波分复用系统中每个通路对应的中心波长。在G.692中允许的通路频率是基于参考频率为193.1THz、最小间隔为100GHz 或50GHz的频率间隔系列。



问题

- ITU-T有关WDM部分涉及到那些建议?
- 光波分复用系统的绝对参考频率是多少? 信道间隔是多少?



小结

这一章我们主要学习了：

- ITU-T有关WDM系统的一些建议及规范
- 了解了波长区的分配



课程结束 谢谢

