

## DWDM 技术在 CATV 中的应用(二)

作者：济南历泰信息科技有限公司 丁炜

(接上期)

(2) 介质薄膜型波分复用器。介质薄膜型波分复用器是由介质薄膜 (DTF) 构成的一类芯交互型 WDM 器件。DTF 干涉滤波器是由几十层不同材料、不同折射率和不同厚度的介质膜, 按照设计要求组合起来的, 每层的厚度为  $1/4$  波长 (900), 一层为高折射率, 一层为低折射率, 交替迭合而成。当光入射到高折射层时, 反射光没有相移; 当光入射到低折射层时, 反射光经历  $180^\circ$  相移, 由于层厚  $1/4$  波长 (900), 因而经低折射率层反射的光经历  $360^\circ$  相移后与经交折射率层的反射光同相叠加, 这样在中心波长附近, 各层反射光叠加, 在滤波器前端面形成很强的反射光, 在这高反射区之外, 反射光突然降低, 大部分光成为透射光, 这样可以对一定波长范围呈现通带, 而对另外波长范围呈阻带, 形成所要求的滤波特性。介质薄膜型波分复用器的主要特点是: 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、插入损耗低、通路间隔度好; 缺点是通路数不是很多。在 DWDM 系统中, 当只有 4 至 8 个波长波分复用时, 使用该型的波分复用器件是比较理想的。

(3) 集成光波导波分复用器。集成光波导波分复用器是以光集成技术为基础的平面波导型器件, 典型制造过程是在硅晶片上沉积一层薄膜的二氧化硅玻璃, 并利用光刻技术形成所需要的图案, 腐蚀成形。该器件可以集成生产, 在以后的接入网中有很大的潜在应用, 而且除了波分复用器之外, 还可以做成矩阵结构, 对光信道进行上、下分插, 是今后光传送网络中实现光交换的优选方案。(表一)是各种 DWDM 器件的主要特性的比较, 供读者理解参考。

(4) 光波分复用器的技术指标。光波分复用器是波分复用系统的重要组成部分, 为了确保波分复用系统的性能, 对波分复用器的基本要求是: 插入损耗小、隔离度大、带内平坦、带外插入损耗变化陡峭、温度稳定性好、复用路数多、尺寸小等, 其常用以下指标来表征, A、插入损耗。插入损耗是指由于增加光波分复用器/解复用器而产生的附加损耗, 定义为该无源器件的输入、输出端口之间的光功率之比, 即  $\alpha = 10 \lg P_i / P_o$  (dB) 其中  $P_i$  为发送进输入端口的光功率,  $P_o$  为从输出端口接收到的光功率。B、串扰抑制。串扰是指其它信道的信号耦合进某一信道, 并使该信道传输质量下降的影响程度, 有时也用隔离度来表示这一程度, 对于解复用器:  $G_{ij} = -10 \lg P_{ij} / P_i$  (dB) 其中  $P_i$  是波长为  $\lambda_i$  的光信号的输入光功率,  $P_{ij}$  是波长为  $\lambda_i$  的光信号串入到波长  $\lambda_j$  信道的光功率。C、回波损耗。回波损耗是指从无源器件的输入端返回的光功率

与输入光功率之比，即  $RL = -10 \lg(P_r/P_j)$  (dB)  $P_j$  为发送进输入端口的光功率， $P_r$  为从同一个输入端口接收到的返回光功率。D、工作波长范围。工作波长指 DWDM 器件能够按照规定的性能要求工作的波长范围 ( $\lambda_{min}$  到  $\lambda_{max}$ )。E、信道宽度。信道宽度是指各光源之间为避免串扰应具有波长间隔。F、偏振相关损耗，偏振相关损耗是指由于偏振态的变化所造成的插入损耗的最大变化值。

不同结构的波分复用器，其性能指标会有较大不同，表二是各种 DWDM 器件主要特性的比较：

## 2. 光波长转换器

DWDM 可分为开放式和集成式两种系统结构。开放式 WDM 系统的特点是复用终端光接口没有特别的要求，WDM 系统采用波长转换技术，将复用终端的光信号转换成指定的波长，而集成式 WDM 系统没有采用波长转换技术，要求复用终端的光信号的波长符合系统的规范。开放式 DWDM 系统正是依靠波长转换器这一关键器件来实现波长转换技术，达到可以灵活调整波长，不对电复用终端设备的光器件做过多的要求，波长转换器除了可以将非规范的波长转换成标准波长之外，还可以根据需要增加定时再生的功能。以下是几种主要的波长转换器的类型和原理。

(1) 光/电/光型波长变换器。该转换器的光信号经光/电转换变成电信号，电信号再调制所需波长的激光器从而实现波长变换。由于光/电变换技术已很成熟，对信号具有再生能力，且具有输入动态范围较大、不需光滤波器、对输入偏振不敏感等许多优点，是目前唯一的一种非常成熟的波长变换器；但是，由于 EDFA 在光纤通信系统中的大量应用和人们对全光网的憧憬，网络运营者都尽量保持光层的透明性，避免光/电变换，因此人们现在主要致力于全光波长变换器的研究。

(2) 基于半导体光放大器的交叉增益调制的波长变换器，这种变换器采用 SOA 的交叉增益调制特性来实现波长变换，它利用半导体光放大器的增益饱和特性，将泵浦光和探测光都注入到 SOA 中，强泵浦光使 SOA 增益发生饱和，从而使连续的探测光受到调制，这样就把泵浦光上的信号变换到了探测光上。该种变换器是一种实现简单、变化速率很高、转换效率也较高的波长变换器，但是其消光比较差，一般只有 8dB 左右，小的消光比导致了光信噪比和误码性质都比较差，特别是当这种波长变换器用于级联工作方式时，信号恶化往往比较严重。

(3) 基于 SOA 中交叉相位调制 (XPM) 的波长变换器。这是一种性能较好的波长变换器，由于 SOA 中有源区载流子密度变化将引起入射光的相位发生很大的变化，可以把 SOA 置于 MZI 或 MI 型干涉仪的两臂上，实现泵浦光和探测光的交叉相位调

制。若泵浦光使两臂中探测光的相位差在  $0$  和  $\pi$  之间变化，就可以把泵浦光中的信号变换到探测光上，对基于 SOA 中的 XPM 的全光波长变换器，转换到探测光上的信号可以与泵浦光上的信号同相，也可与泵浦光上的原信号反相；在反相工作时，RIN 随泵浦光功率的增加而增加，在同相工作时，RIN 随泵浦光功率的增加而减小，探测光的功率越大，RIN 的影响就越小。该种变换器由于基于干涉原理，所以变换信号的消光比大大提高了，SOA 中的增益变化也大大减小了，使变换信号的啁啾也大大减小。

(4) 相干型全光波长变换器。相干型全光波长变换器主要是指利用四波混频等非线性光学效应来实现变换。当多束光在非线性介质中传输时，由于非线性作用将产生新的波长。此波长的强度正比于泵浦光强，其波长与泵浦光波长是线性关系。新波长包含有泵浦光的强度与相位信息，所以它是唯一一种能对输入信号进行透明变换的 AOWC，它还可以同时把一组波长的信号变换到另一组波长上去，尤其值得注意的是它的变换速率在 100Gbit/S 以上，其缺点是交换效率低，因为这些效应是参量过程，需要满足相位匹配条件。

波长变换器是解决全光网中波长路由竞争的关键器件，是充分发挥 WDM 带宽资源的必要手段，波长变换器对 WDM 光网络的性能究竟有多大改善，是近年来一个热点课题。现在比较一致的观点是：波长变换器对一个波长数量固定，且业务量接近饱和的网络的作用并不大；而对大容量的网格型网，波长变换器的加入却能大大降低网络的阻塞率，如果节点的数目加大，效果会更明显。事实上波长变换器的作用与 DWDM 光网络的节点数、波长数、波长从源到宿所经过的节点数及业务量都密切相关。理想的波长变换器应具有以下性质：变换速率快（10Gbit/S 以上），对比特率和信号形成应具有透明性；较宽的变换范围，即能向短波长变换，又能向长波长变换；偏振不敏感，低啁啾输出，高信噪比、高消光比；适当的输入功率（不大于 0dBm），保持输入波长无变化。

### 三、DWDM 的核心技术问题与解决

1. 光放大技术，对于长距离的光传输来说，随着传输距离的增长，光功率逐渐减弱。光放大器的出现和发展克服了高速、长距离传输的最大障碍——光功率受限。EDFA 已经大量应用，成为目前大容量、长距离 DWDM 系统在传输技术领域必不可少的技术手段。EDFA 具有一系列独到的优点，这些优点对于 WDM 系统是十分需要的，但是 WDM 系统对 EDFA 有一个特殊的要求——增益平坦，在通常情况下 EDFA 在 1550nm 波长窗口的工作带宽为 30—40nm，将它用于 WDM 系统时，因各信道的波长不同而有增益偏差，经过多级放大后，增益偏差累积，低电平信道的 SNR 恶化，

高电平信道信号也因光纤非线性效应而使信号特性恶化，最终造成整个系统不能正常工作，因此要使各个信道上的增益偏差处于允许的范围，光放大器的增益必须平坦，目前采用的解决技术有两种：（1）增益均衡技术。利用损耗特性和放大器的增益波长特性相反的增益均衡器来抵消增益的不均匀性，称为增益均衡技术，这种技术的关键在于放大器的增益曲线和均衡器的损耗特性准确吻合，使综合特性平坦，现在用的增益均衡器主要有标准光滤波器、介质多层膜滤波器、光纤光栅及平面光波导等。日本 NEC 开发的一种采用标准光滤波器的增益均衡器，适用于 8、16、32、43 信道的 WDM 系统，在 32 信道的 WDM 系统中，通过使用该均衡器可以将增益偏差由原来的 5.6dB 降至 0.28dB，效果非常明显。（2）光纤技术。这里说的光纤技术是指在进一步研究掺铒光纤特性的基础上，通过采用改变光纤材料或者利用不同光纤的组合来改变掺铒光纤的性质，从而改善掺铒光纤放大器（EDFA）的增益特性，光纤技术除了改善增益特性外，还可改善 EDFA 的噪声特性和扩展增益带宽。目前采用的光纤技术主要有以下几种：A、掺铝的 EDF，普通的 EDFA 放大器的增益平坦区很窄，仅在 1549—1561nm，大约 12nm 的范围，通过掺铝，可以将平坦区的范围扩展为 1540—1560nm。B、氟化物 EDF，使用这种光纤制作的 EDFA 可将增益的平坦区扩展到 1530—1560nm，在这 30nm 的区域内，增益的平坦度达到 1.5dB。C、掺铒碲化物光纤。采用这种技术的光纤制作的 EDFA 最高带宽可达到 80nm，增益可达 20dB 以上，而增益平坦度则达到 1.5dB，这种碲化物 EDFA 的宽带特性对 WDM 系统极具吸引力。D、掺铪 EDF。由于铪可以作为铒的激活剂，以工作于 792nm 附近的光源作为泵浦源，制成铒/铪光纤放大器，在 1544—1561nm 波段的 17nm 带宽内，可以达到 0.5dB 以内的增益平坦度，输出功率大于 +26dBm，噪声系数小于 5dB。E、混合型 EDFA，是使用不同掺杂材料的光纤进行组合，制作混合型 EDFA。这种组合方式，不仅可以提高设计的自由度，而且还可以使增益平坦度、噪声特性放大效率均达到最佳。■