

文章编号: 1005- 5630(2004)01- 0057- 07

# DWDM 系统中解复用器的原理与发展趋势探讨\*

江道国, 顾玲娟, 郭汉明, 陈家璧  
(上海理工大学光电学院, 上海 200093)

**摘要:** 较为全面地叙述了DWDM 系统中的各种形式解复用器, 其中包括已经商用的和仍处于研究阶段的新方法, 对DWDM 解复用器的原理及类型作了介绍, 进一步讨论了解复用器的现状与发展趋势。

**关键词:** 密集波分复用; 解复用器

**中图分类号:** TN 25      **文献标识码:** A

## Principals and trends of the multiplexers in DWDM systems

J I A N G D a o - g u o , G u L i n g - j u a n , G U O H a n - m i n g , C H E N J i a - b i

(College of Optics and Electronics, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

**Abstract:** The fundamental principle of different multiplexers used in DWDM systems, is presented in this paper. The multiplexers concerned here include the ones which are being used in commercial DWDM systems and the ones which are still under research level in the laboratory. The kinds and principle of DWDM multiplexers are introduced. Furthermore we discuss the current situations and the trends of the different DWDM multiplexers.

**Key words:** DWDM; Multiplexer

## 1 引言

密集波分复用(dense wavelength division multiplexing, DWDM)技术是近些年来发展起来的一种光通讯技术,它反映了向信息社会迈进过程中对通信容量和带宽日益增长的需要。DWDM可以很好地利用现有的光纤资源大大地扩充信息的传输能力,解复用器是DWDM中的核心器件。

制作DWDM解复用器的方式有多种(包括许多仍在研究阶段中的)。目前使用的有:阵列波导光栅(array waveguide gratings, AWG)、薄膜滤光片(thin film filter, TFF)以及光纤布拉格光栅(fiber Bragg gratings, FBG)。文章对这些DWDM解复用器的工作原理做了一个总结,并对没有进入实用阶段,而正在积极研究的其它方法,比如:体全息光栅式(volume holographic gratings, VHG)和蚀刻衍射光栅式(etched diffraction gratings, EDG)等,也做相应的介绍,最后描述了各种解复用器的现状并讨论了其发展趋势。

## 2 阵列波导光栅式(arrayed waveguide gratings, AWG)解复用器<sup>[1-3]</sup>

### 2.1 AWG的基本原理

\* 收稿日期: 2003-07-07

基金项目: 上海市科委光科技项目(项目号 012261018)

作者简介: 江道国(1976-),男,湖北十堰人,上海理工大学研究生,主要从事光通讯无源器件方面的研究。

© 1995-2004 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

AWG 是 1988 年一位荷兰人 Sm it 提出的,它是基于罗兰圆的一种结构。它的巧妙之处是把罗兰圆的凹面光栅的反射式结构变成了波导传输式结构,用波导对光进行限制和传导,以取代光在自由空间上的传播。(AWG 可以看成罗兰光栅与波导之间的组合应用的一种形式,这种组合可以构成另外一种解复用器的形式,即所谓的刻蚀衍射光栅式波分复用器<sup>[14-15]</sup>,这是近年来所研究的一种新型的解复用器件。AWG 主要由输入输出波导、第一和第二平面耦合波导以及波导阵列三个部分组成。这些波导都集成在单一衬底上。输入输出波导的位置和阵列波导的位置满足罗兰圆规则。阵列波导数目应足够多,以充分接收平面波导区的衍射光功率,阵列波导连接两个平面波导区。相邻波导的长度差为常数  $\Delta L$ ,这种结构使阵列波导呈衍射光栅的特性。根据衍射理论,在阵列波导的输出端,按波长长短顺序排列输出,并通过第二个平面波导耦合输出到相应的输出波导的输入端,最终实现分波输出。图 1 是 AWG 的原理图,其光栅方程为:

$$n_s d \sin \theta_p + n_c \Delta L + n_s d \sin \alpha_q = m \lambda_{pq} \tag{1}$$

式中  $n_s$  是星形耦合器平板波导的有效折射率;  $n_c$  是阵列波导信道  $k$  的有效折射率 ( $k=1, 2, \dots, M, M$  为阵列波导的波导数);  $\Delta L$  是阵列波导中相邻的长度差;  $d$  是阵列波导间的间距或称 AWG 的栅距;  $\theta$  是输入波导端口的角位置;  $m$  是光的衍射级数;  $\alpha_q$  是输出波导端口的角位置。

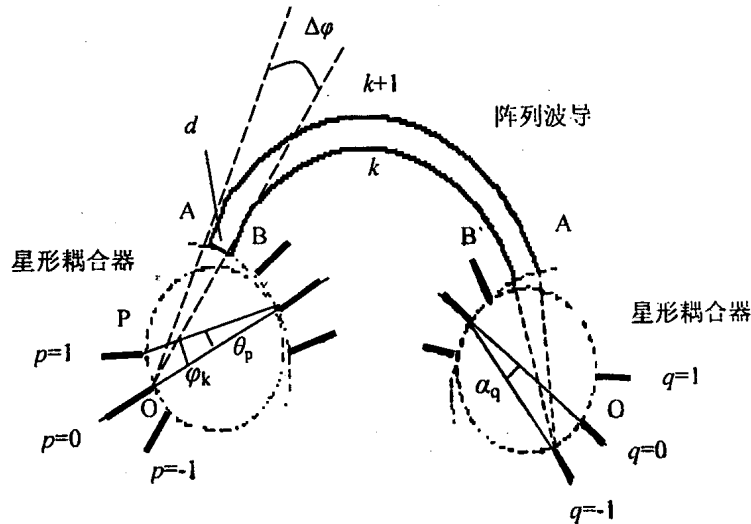


图 1 AWG 的原理示意图

2.2 AWG 所存在的问题与相应的解决方法

AWG 是在 DWDM 系统中最被看好的一种解复用器件,尤其是 50GHz 以下通道数在 16 以上的系统中。目前的 AWG 主要有在硅衬底上的石英系光波导为基础的光集成器件,半导体光波导型光集成器件和聚合物波导型光集成器件。AWG 所存在的问题主要是偏振相关性与热稳定性。对于石英系列的 AWG,由于硅衬底和其上沉积的石英波导的膨胀系数不一样,在光波导上产生应变,由此导致了双折射而产生偏振相关性。为了解决这个问题,提出很多种方法以实现无偏振相关性的器件。

由于半导体材料可以做到波导芯与包层之间的大折射率差,所以曲率半径很小的波导回路,就能使整个器件都很小。但是半导体材料的折射率会因温度及晶体方位的变化而发生大的变化,所以半导体 AWG 的温度稳定性是一个问题。为解决这个问题所采用的办法是在器件上加入一个温度控制元件,但是这个元件在使用过程中将要消耗一定的电功率,这在 DWDM 网络中是一个不可忽视的问题,必须通过其它办法来解决这一问题。AWG 位相匹配条件是:  $n \cdot (l_{i+1} - l_i) = n \cdot \Delta L = m \lambda$  将其对温度  $T$  微分可得到式:

$$\frac{dn}{dT} \cdot \Delta L + n \cdot \frac{d\Delta L}{dT} = m \cdot \frac{d\lambda}{dT} \tag{2}$$

此式中  $n \cdot \frac{d\Delta L}{dT}$  比  $\frac{dn}{dT} \cdot \Delta L$  小得多可以忽略不计,由  $\frac{d\lambda}{dT} = 0$ , 得到所要满足的关系(与温度无关);  $\frac{dn}{dT} \cdot \Delta L = 0$ 。由于  $\Delta L$  不会为 0, 通过用两种温度不一样的材料构成的波导,使得温度变化时也可以保持波导间光程差为常数:  $\Delta n_1 \cdot \Delta L_1 + \Delta n_2 \cdot \Delta L_2 = 0$ 。其中折射率的不同是由波导芯的 InGaAsP 材料的组分不同而得到的。通过这种方法做的 8 通道的 AWG 在 1.55μm 窗口实现 25 ~ 72 的温度范围

内有  $0.01\text{nm}/$  以下的温度漂移, 可以认为是与温度无关了。

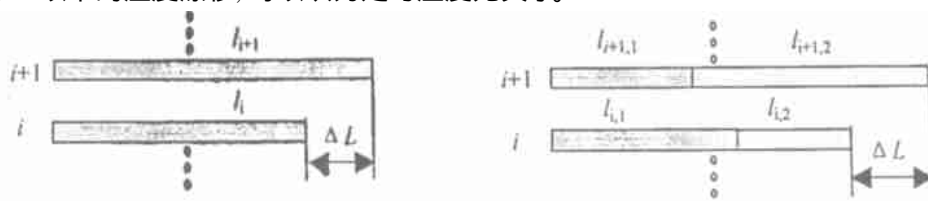


图 2 实现 AWG 温度无关的波导结构的变化

### 3 薄膜滤光片 (thin film filter, TFF) 型解复用器<sup>[4-6]</sup>

#### 3.1 TFF 工作原理

TFF 的原理是利用多层膜的干涉效应来选择波长 (如图 3)。这种滤波片采用镀膜的方式, 以气相沉积的原理, 将高低折射率材料相间的介质薄膜层一层层地镀在薄平板玻璃上, 每层厚度为  $1/4$  波长, 当光线通过不同种的滤波片后, 不同的波长被分别滤出, 达到分波的效果。

图 3 是单个滤光片的结构, 由它所组成的解复用器一般是与 GRIN 配合使用的 (如图 4)。图 4 中只画出了两个通道, 若是多个通道就将这种结构级连起来使用。

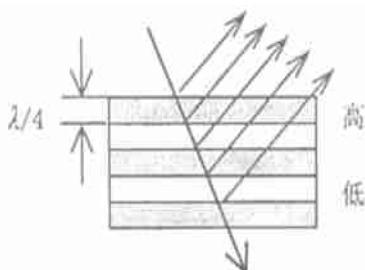


图 3 多层介质膜结构



图 4 由多层介质膜组成的解复用器 (2Ch)

#### 3.2 TFF 的性能特点

薄膜滤波器有很成熟的工艺, TFF 解复用器具有很好的温度稳定性 (温度系数  $< 0.002\text{nm}/$ ), 对偏振特性不敏感且插入损耗低。以此种制作方式生产的 DWDM 对环境的要求较小, 因此易于投入商用化。波长响应的超窄带滤光器进行串联便可构制成多信道的 DWDM 器件。已实用化的  $0.8\text{nm}$  信道间隔的 DWDM 系统中使用的大都是多层膜干涉滤光器。此滤波器适用于固定信道、功能较少的简易光纤 WDM 通信系统, 有结构简单, 性能稳定, 易于应用<sup>[6]</sup>等优点。但 TFF 不适合于制作多信道, 窄间隔的器件。要通过减少通道间隔而增加通道数目, 要求 TFF 膜层数增加, 但这样在膜层厚度控制、膜层应力控制、及滤光片切割等制作上有较大的困难。要制作通道间隔低于  $50\text{GHz}$  介质薄膜滤波器型 WDM 器件, 要求滤光片的透过率曲线非常陡峭。一个典型的  $50\text{GHz}$  滤光片通常需要镀 100 层~ 200 层的膜层来分割单个波长。镀如此多的膜层容易造成局部薄膜厚度与密度波动而产生缺陷, 同时应力也成为影响性能的主要因素, 从而降低了滤光片的合格率。因此窄带 TFF 的 DWDM 制成有相当高的制作门槛, 所以 TFF 比较适合用于 16 通道 ( $100\text{GHz}$ ) 以下的 DWDM 情况。

尽管由介质滤波器的组成的解复用器的通道数受到自身的限制, 但近年发展起来的 Interleaver 可以使它重新在 DWDM 解复用器中找到自己的位置。Interleaver 可将一束输入的多波长光信号分离成互补的两束, 一束包括奇数通道信号, 另一束包括偶数通道信号, 使得通道之间的间隔变成原来的两倍, 利用级联的 Interleaver 可实现更宽的通道分离滤波。由于用现有的镀膜技术制备出的滤光片的通道分离能力还无法达到 Interleaver 水平, 而且存在稳定性差、产量低的问题。介质膜滤波器型 WDM 器件与 Interleaver 的组合不仅解决了通道间隔小于  $50\text{GHz}$  滤光片产量低的问题, 而且减轻了由于采用级联结构所导致器件插损的增加。因此, 这种 WDM 器件与 Interleaver 的组合是目前 TFF 解复用器发展的一个方向。

### 4 光纤布拉格光栅(fiber Bragg gratings, FBG)型解复用器<sup>[7~9]</sup>

#### 4.1 光纤布拉格光栅工作原理

光纤布拉格光栅是利用光纤心部的光敏性而制成的滤波器,光纤心部折射率随空间上调制的光强发生周期性的变化形成了所谓的Bragg光栅,这种光栅只对满足Bragg条件和光产生反射,其它光无损耗地通过,这样就可以起到滤波作用。图5是光纤光栅滤波原理图。

FBG对光波的反射满足条件:  $\lambda = 2n_{eff}\Lambda$ , 其中是  $\lambda$  所反射的波长,  $n_{eff}$ 是光纤心部有效折射率,  $\Lambda$ 是光栅周期。

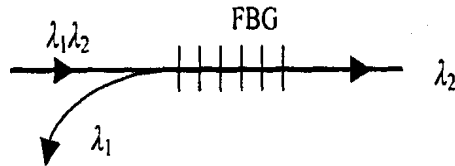


图5 光纤光栅滤波原理

#### 4.2 光纤光栅解复用器的优缺点

光纤的光敏性质是加拿大的 Hill KO 于 1978 年发现的, 1989 年由 Meltz G 制作出第一个可以用于光通信的光纤光栅。随后对光纤光栅的研究不断取得进展, 并很快进入光通信领域内。常用的光纤 Bragg 光栅是直接采用紫外光写入的, 它对反射波长的反射率几乎可达 100%。近年来其它的一些写入技术也有所发展<sup>[9]</sup>, 可望使制作成本进一步下降。光纤光栅具有中心反射波长可以精密控制, 反射带宽可以任意选择, 反射带宽可以做得很小, 反射率可以达到几乎 100%, 容易进行温度补偿, 以及与普通光纤连接方便等优点。单个光纤光栅的插入损耗很低, 且对偏振不敏感, 因此在 DWDM 系统中也具有较强的竞争力。FBG 在 DWDM 系统使用的数量比较多, 不同的结构有不同的插入损耗<sup>[8]</sup>, 这是光纤 Bragg 光栅解复用器的不足之处。

### 5 体全息光栅(volume holographic gratings, VHG)型解复用器<sup>[10,11]</sup>

#### 5.1 体全息光栅解复用原理

这是近年来才开始研究的一种新的 DWDM 解复用器, 它是在光折变晶体(一般是  $LiNbO_3:Fe$ ) 内记录下三维全息光栅, 通过全息光栅的衍射效应将不同光波分离开。基于这种方法的 DWDM 解复用器原理可以归纳如下:

两束相干光在重合区域里产生干涉条纹, 用光折变晶体材料作为记录介质, 这种空间上调制的光通过光折变效应在晶体内部形成了与光强空间分布相对应的空间电荷分布, 这些光致分离的空间电荷产生相应的空间电荷场, 空间电荷场通过线性电光效应产生折射率的调制变化, 即产生了所谓的折射率栅, 也叫做 Bragg 光栅。再现时根据 Bragg 定律, 只有投射到光栅上满足 Bragg 条件的光才能发生衍射。Bragg 条件是:  $2\Lambda\sin\theta = \lambda$

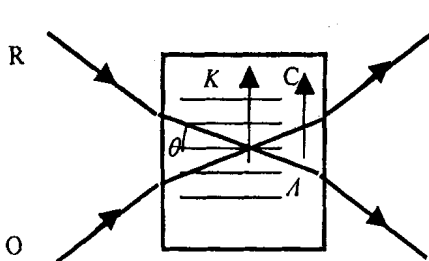


图6 体全息光栅记录

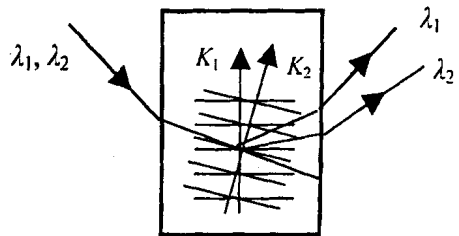


图7 空间上叠加的体全息光栅对不同波长的衍射

图6是在晶体内记录光栅时的情况。K是光栅矢量,C是晶体的光轴,Λ是光栅间距,θ是Bragg角,λ是波长。图7是光栅的衍射情况。为方便起见,这里只考虑两个波长的情况,从图上可以看出:每个光栅只

对满足 Bragg 条件的光才发生衍射作用。在这个实例中晶体内只有两个光栅,但可以在光折变晶体内同一个位置记录多个光栅,每个光栅只对同一光束中某一个波长发生衍射作用,这样就可以在 DWDM 系统中实现解复用器的作用。这种解复用方法对复合的信号光同时发生衍射,因此增加通道数量,不会引入大的插入损耗。体全息方法与其它方法比较起来要简单得多,而且温度与机械稳定性都很好,文献[10]、[11]展示了这种解复用器制作方面的优越性。

## 5.2 体全息光栅解复用器所存在的问题与研究方向

虽然这种方法在通道扩展与制作方面的较强的优越性,但是这种方法用于制作实用的解复用器件还不成熟。首先是晶体材料方面,在晶体掺杂类别、掺杂浓度等问题上,如何生长出能满足需要的晶体来,还需要不断地探索。另一个问题是所记录的光栅的衍射效率都不高,从目前研究来看,所做的器件的衍射效率都低于 10%,这主要是因为晶体同一空间内实现多重记录,相应的折射率调制度会下降,加上记录时,后面记录对前面记录的光栅有一定的擦除作用。另外,在光栅的固定上,目前多使用的热固定方法,但这种固定机理在理论上尚需要进一步的探索。因此,必须寻找更有效、更高效率的固定途径。

从 DWDM 的解复用器的发展方向看,集成是一个趋势(所谓集成是指作为解复用器的各个分立元件通过微光学加工工艺做成一个整体,如同电子元件器件的集成概念一样),仅仅用这种方法来制作满足色散的全息光栅,对实用器件而言并无太大的应用价值。因为信号光的耦合输入与输出问题也是作为 DWDM 器件本身的一个核心环节。而用于记录光栅的材料(LNbO<sub>3</sub>)也广泛用于光波导技术中,因此在同一材料上同时制作出输入输出的波导和全息光栅应该是这种方法的发展趋势,当然要达到这一步首先还是要对光栅的记录与衍射性能进行深入的研究。

## 6 自由空间衍射光栅式与蚀刻衍射光栅式解复用器<sup>[12~15]</sup>

### 6.1 自由空间衍射光栅式解复用器

把这两类归到一起来讨论,主要是它们都是利用闪耀光栅来实现色散的。另外通过分析也可以看出 DWDM 解复用器件的一个发展趋势。

DWDM 解复用器主要是利用器件的色散或者是滤波性质,所以在最初的解复用器的方案中使用了光栅(或者是棱镜,由于棱镜的色散能力不如光栅,所以在波长间隔很小时很少用到)。由于闪耀式光栅的能量利用率要高得多,所以光栅式解复用器色散元件基本都采用了闪耀光栅。图 8、图 9 是两种可以实现的方案<sup>[12]</sup>。这种形式的解复用器的一个发展趋势是将所用的光栅在 Si 衬底上沉积环氧树脂后制成,用光纤阵列来输出各个通道,其通道数一般受到光纤阵列制作的限制,光纤阵列是将单模光纤置于节距为 128 $\mu\text{m}$ ,精度为 0.2 $\mu\text{m}$  的 V 型槽中做成阵列状。近来这种解复用器采用微透镜阵列来实现聚集,可以使出射光斑为 80 $\mu\text{m}$ ,并将光纤阵列、微透镜、光栅都做在石英衬底上,因此有良好的机械与温度稳定性<sup>[13]</sup>。这种解复用器可以做到 64 路,也有 128 通道的。这种形式的解复用器是并联工作的,因此它的插入损耗不随通道数的增加而增加,但它的插入损耗较大,为 3dB~8dB;另外,由于所用的光栅对各种不同的偏振光有不同的衍射效率,因此这种器件对偏振敏感。通过寻找合适的方法来解决这个问题,这种形式的解复用器也不失为一种非常好的器件。

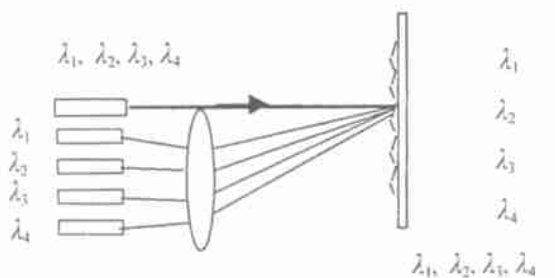


图 8 自由空间衍射光栅式解复用器

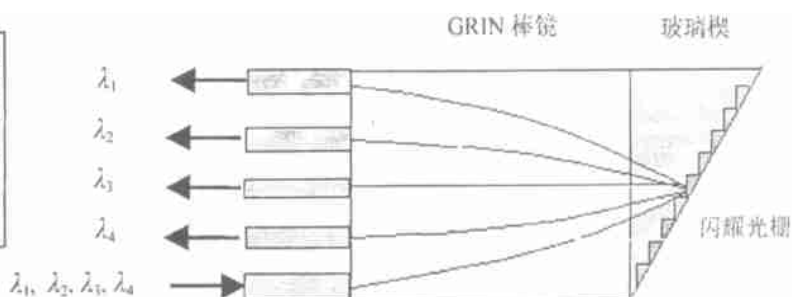


图 9 衍射光栅式解复用器另一种形式

### 6.2 蚀刻衍射光栅式<sup>[14,15]</sup>(etched diffraction gratings, EDG)

从自由空间衍射光栅式可以看出,光栅式解复用器要求有两个功能——色散功能与对衍射光的聚焦功能,这种功能分别由两个不同的光学元件来实现的,接下面所要讨论的蚀刻式衍射光栅是把这两个功能统一到一种元件上来——基于罗兰圆的闪耀式光栅。

图 10 是蚀刻衍射光栅的原理图,采用单片平面波导技术,整个器件集成在单片半导体基底上,其中波导的制作与 AWG 相同,有 Si 基底上的 SiO<sub>2</sub> 结构和 InP 基底上的 InGaAsP 结构。下面讨论一下蚀刻衍射光栅的基本原理:

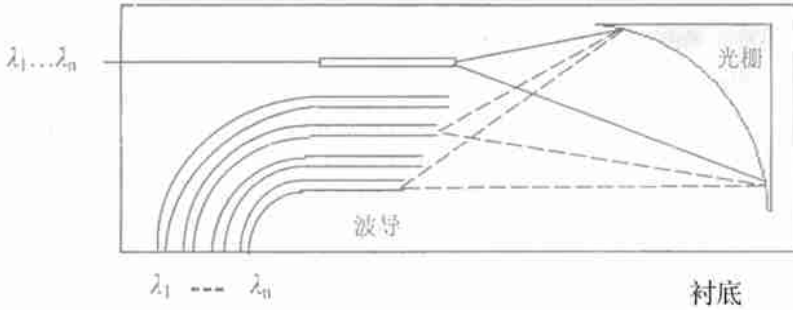


图 10 蚀刻衍射光栅的原理图

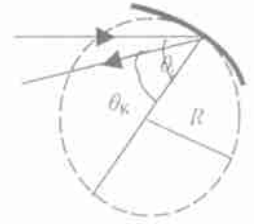


图 11 凹面光栅衍射示意图

复合光由光纤耦合到输入波导中,然后在平面波导中衍射,经过罗兰圆的闪耀光栅后,由于光栅的色散性质与聚焦性质,不同的光波长依次被耦合到不同的波导中输出。这个器件的核心是基于罗兰圆的反射式蚀刻光栅。罗兰圆的原理是:在圆上的光源被与罗兰圆相切且半径为两倍罗兰圆的圆弧反射,像仍在该圆上。其光栅方程为:

$$n_{\text{eff}}d(\sin\theta + \sin\theta_k) = m\lambda \tag{3}$$

$n_{\text{eff}}$ 其中是有效折射率,  $d$  是光栅周期,  $\theta$  是入射角,  $\theta_k$  是衍射角,  $m$  是衍射级次,  $\lambda$  是给定的波长。见图 11 所示。在器件的设计上主要是中心波长  $\lambda$  自由光谱范围(FSR)、衍射级次  $m$ 、输出波导的间距  $d$ , 以及确定光栅槽面中点位置。

它与自由空间衍射光栅的主要区别是光波的输入输出通过波导来实现,而且这种光栅也可以通过半导体工艺来实现,经过模拟计算,这种解复用器输出波导有几个微米就可以收集到绝大部分能量。由于光栅式解复用器是并行的,不会引入插入损耗与通道数同时增加。因此,如果找到更合适的工艺来制作这种光栅与波导,这种器件可望得到更大的发展。

### 7 解复用器应用现状与发展趋势讨论

随着对信息量需求的增加和全光网络的进一步发展,作为 DWDM 系统中核心器件——解复用器必将得到广泛的应用。使用中具体选用何种形式的解复用器可按要求决定。在通道数不多的情况下 TFF 和 FBG 是比较好的一种选择,国内所应用的 DWDM 系统中的解复用器主要就是这两种形式,其中由于 TFF 工艺与技术都比较成熟而得以广泛应用,在 DWDM 解复用器中占有绝大部分市场。FBG 因其可以与光纤直接相连的优点,其应用也在不断扩展,并可望在我国的通讯环境下得到较为广泛的应用。虽然 AWG 目前尚应用不广,但随着工艺技术的不断成熟,它必然会在不久的将来进入实际应用阶段。以充分展现 AWG 在大通道数系统中的优越性,AWG 的制作工艺与微电子工艺基本兼容,故在生产规模与成本方面可望有更好的竞争能力。因此 AWG 在国内外被一致看好。

DWDM 系统中的解复用器的发展与任何事物一样,不会由一种形式来一统天下。从技术方面来讲,各个不同的研究与生产者所偏重的方向不同,自然所掌握的工艺与技术水平也是不同的,这种现象的最终结果是“殊途同归”,也就是说随着各自对自己的产品研究深入,各种不同形式的解复用器在性能上不会有太大的差异;另一方面从市场的角度来讲,各个生产厂家都在积极开拓自己的产品市场,解复用器产品的类型肯定很多。所以总体而言会有多种形式的解复用器并存于 DWDM 系统中。但无论是哪一种形式,关键是它的性能是否满足了需要。DWDM 解复用器的一个发展趋势和电子器件一样必然走向集成化,无论



是从器件的稳定性,还是经济性上考虑都是如此。可喜的是这种集成的趋势在若干主流产品中都已经体现出来了,比如 AWG, FBG 以及 TFF, 在传统衍射光栅向蚀刻光栅过渡中也可以看到这一点。

人们对事物的追求是无止境的,一方面要不断完善现有的理论与产品,另一方面还要开发各种新形式的解复用器。今后主要研究方向是以光折变材料为基础,集成化的体全息光栅式和蚀刻光栅式的解复用器。与此同时,在集成的基础上由衍射光栅为核心的解复用器也将在国内外得以进一步的应用与发展。

## 8 参考文献

- [1] Smith M. K., Dam C. V. Phasor-based WDM devices: principles, design, and applications[J]. IEEE Journal of Topics in Quantum Electronics, 1996, 2(2): 236~ 249.
- [2] Takahashi H., Oda K., Toba H., Inoue Y. Transmission characters of array waveguide in wavelength multiplexer[J]. Journal of Lightwave Tech., 1995, 13(3): 447~ 455.
- [3] 小林功郎[日]. 光集成器件[M]. 北京: 科学出版社, 2002, 170~ 182.
- [4] 顾培夫, 白胜元, 李海峰, 等. 密集波分复用薄膜干涉滤片的设计[J]. 光学学报, 2002, 22(7): 794~ 797.
- [5] 冯丹琴, 盛秋琴, 陈凯, 等. 几种常用滤波器的特性[J]. 光通信技术, 2001, 26(1): 46~ 53.
- [6] 唐晓东, 曾庆济, 金耀辉, 等. 全光通信网光电器件及其最新发展(1)[J]. 光通信技术, 2001, 25(2): 90~ 93.
- [7] Ingolf B., et al. Compact all-fiber add-drop multiplexer using fiber gratings[J]. IEEE Photonics Tech. Lett., 1996, 8(10): 1331~ 1333.
- [8] 胡台光. 波分复用器件现状[J]. 光通信技术, 2000, 25(3): 79~ 83.
- [9] 宁提纲, 文冀萍, 赵玉成, 等. 光纤光栅写入技术的最新进展[J]. 光通信技术, 1999, 23(4): 282~ 287.
- [10] Breer S., Buse K. Wavelength demultiplexing with volume phase holograms in photorefractive lithium niobate[J]. Appl Phys B. 1998, 66: 339~ 345.
- [11] Nee I., Beer S., Vogt H., Buse K. Wavelength division multiplexing with thermally fixed volume phase holograms in photorefractive lithium niobate crystals[J]. OSA TOPS. 1999, 27: 563~ 567.
- [12] 顾皖仪, 李国瑞. 光纤通信系统[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 1999, 282~ 295.
- [13] 林学煌, 等. 光无源器件[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1998, 133~ 146.
- [14] He J. J., Lamontagne B., Delage A. Monolithic integrated wavelength demultiplexer based on a waveguide Rowland circle grating in InGaAsP/InP[J]. IEEE J Lightwave Tech., 1998, 16(3): 631~ 638.
- [15] 盛钟延, 何赛灵, 何建军, 等. 蚀刻衍射光栅波分复用器件的设计与模拟[J]. 光子学报, 2001, 30(5): 567~ 571.

## 消息

### 我国夜视技术获多项成果

不久前,国防科工委在南京理工大学主持召开了一场特殊的科技成果鉴定会,对三项科研项目同时进行鉴定,这三个项目都来自该校电光学院张保明、陈钱课题组,分别是:彩色夜视信息获取与处理研究、模块化红外图像实时处理技术和微光夜视整体优化技术,并且都是我国国防重点课题。

专家认为,这些项目紧扣了当今世界夜视技术发展前沿,既有重要的理论意义,又有较强工程应用背景。特别在红外热成像与微光夜视系统双通道图像配准技术、红外热像与微光图像融合算法改进和新算法等很多方面都取得了重要技术突破,是我国夜视技术的一项重大创新发展。

据了解,应用这三个项目的相关技术,可以简化夜视系统结构,提高系统的灵敏度。同时能有效地提高系统识别目标的能力,显著改善系统的图像质量、改善探测能力和抗干扰能力。这些技术都达到了国际水平,对提高我军夜视装备的技术水平具有重要意义。同时专家建议将这些项目作进一步的工程化和小型化发展,为我国的国防建设服务。

(摘自《科学时报》)