

# 含氟聚酰亚胺波导波长分离耦合器优化设计\*

贾洪波<sup>1</sup> 陈抱雪<sup>1,\*\*</sup> 周建忠<sup>1</sup> 赵德欣<sup>2</sup> 袁一方<sup>1</sup> 矾 守<sup>3</sup>

(1 上海理工大学光电学院, 上海 200093)

(2 霓塔光电器件上海有限公司, 上海 200233)

(3 日本东京农工大学工学部应用化学系, 日本 184-8588)

**摘要** 提出并采用统计优化的设计方法解决含氟聚酰亚胺波导波长交叉分离耦合器的偏振态变动的影响. 在实测了含氟聚酰亚胺的色散和双折射特性的基础上, 优化设计了40路波长信道、1550 nm 中心波长、0.8 nm 波长间隔的抗偏振变动的波长交叉分离耦合器. 数值模拟显示: 波长周期偏移小于0.1 nm, 1 dB 带宽为0.5 nm, 3 dB 带宽为0.8 nm, 串扰小于-30 dB, 偏振变动导致的波长漂移小于0.08 nm.

**关键词** 光波导; 抗偏振变动; 含氟聚酰亚胺光波导; 波长交叉分离耦合器

**中图分类号** TN252 **文献标识码** A

## 0 引言

以1550 nm 为中心波长的密集波分复用(DWDM)技术已经广泛地在试验网络中被应用. 在DWDM系统中, 利用阵列波导光栅(AWG)实现大规模的分波/合波功能已逐渐成为主流技术.<sup>[1]</sup> 采用1 THz AWG与10 GHz AWG的串接可以实现1000 波长数以上的密集分波<sup>[2]</sup>, 但是10GHz AWG的制造难度非常高. 目前具有实用意义的主要是50 GHz~200 GHz 的AWG. 近年, 利用此类AWG扩大分波波长数的工作有重要进展, 在AWG前加入前置分波系统的方法由于切合现实技术水平而受到关注<sup>[3]</sup>. 前置分波系统是一个波长间隔为 $\Delta\lambda$ 的波长交叉分离耦合器(Interleaver), 它被用于将波长交叉地分为奇数和偶数两群, 每群波长的间隔为 $2\Delta\lambda$ . 波长交叉分离耦合器与后续的两个波长间隔为 $2\Delta\lambda$ 的AWG串接, 实现分波波长数的翻倍. 使用该方法有利于增大系统扩容的自由度<sup>[4]</sup>. 另外Interleaver-AWGs系统具有较平坦的带通传输特性, 有利于提高抗波长漂移的能力.

SiO<sub>2</sub> 波导波长交叉分离耦合器有优异的特性<sup>[5]</sup>, 但工艺复杂, 成本高. 近年来高分子光波导受到广泛关注<sup>[6-17]</sup>, 与SiO<sub>2</sub> 波导相比, 高分子波导的制作工艺简单, 有望大幅降低成本、提高器件的性价比. 含氟聚酰亚胺是一种理想的波导用聚合物<sup>[7,12,13]</sup>, 已报道了几种配制方法, 我们采用6FDA、TFDB和ODA在N,N-二甲基乙酰胺(DMAc)溶媒中反应聚合而成. 含氟聚酰亚胺具有耐高温和近红

外吸收少的特点, 但与SiO<sub>2</sub> 波导相比, 有较大的折射率各向异性. 硅或石英基板上的含氟聚酰亚胺薄膜的双折射典型值为0.008左右. 由于波长交叉分离耦合器对相位差变动非常敏感, 双折射导致器件产生偏振依赖. 用1/2波片对称转换消除偏振影响的工作已有报道<sup>[18]</sup>. 1/2波片须经显微操作插入到器件上约20 μm宽的槽中, 获得低的插入损耗是个难点. 还有一种方法是将高分子波导从基板上剥离下来, 通过释放应力改善折射率各向异性. 由于被剥离的波导薄片失去刚性, 给后续的封装工艺带来了很大的困难. 显然, 两种方法都难以维持高分子波导制备简单、成本低的优点.

本文从器件设计的角度, 提出了一种新的方法用以解决上述问题. 该方法通过对波长交叉分离耦合器结构的优化, 利用波导的色散抵消偏振变动对耦合器输出特性的影响. 由于涉及的波长数目以及与器件特性相关的参数非常多, 优化设计中采用了统计方法.

## 1 设计原理

含氟聚酰亚胺波导波长交叉分离耦合器的结构如图1, 由马赫-泽德干涉回路<sup>[19]</sup>的多段串接构成. 连续的马赫-泽德干涉可以获得高的干涉级数, 得以实现小的波长间隔和高的波长分离度.

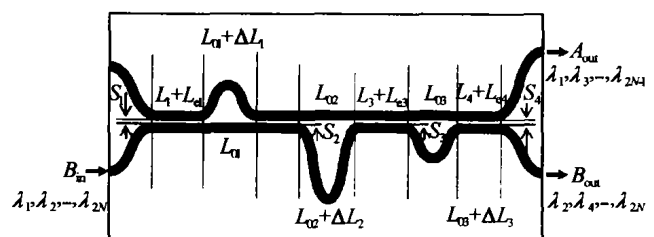


图1 波长交叉分离耦合器结构

Fig. 1 Schematic of optical interleaver wavelength divider

\*国家自然科学基金资助项目(60177017)

\*\*Tel:021-65682752 Email:bxchen@online.sh.cn

收稿日期:2003-10-23

连接四个定向耦合器的三对波导臂分别具有长度差  $\Delta L_i (i=1,2,3)$ , 定向耦合器的平行段长度为  $L_i (i=1,2,3,4)$ , 平行波导的间隔为  $s_i (i=1,2,3,4)$ . 由于在平行波导两端的弯曲部分也发生光耦合, 用某个等效耦合长度增量  $L_{ei} (i=1,2,3,4)$  来反映这个效应. 设上下两支波导均为单模波导, 具有相同的折射率, 波导芯的截面尺寸相同, 宽度和厚度分别为  $w$  和  $t$ .  $A_{in}$  和  $B_{in}$  代表入射光振幅, 它们可以是 TE-like 波或 TM-like 波.  $A_{out}$  和  $B_{out}$  分别代表相应的输出端的出射光振幅. 由连续的定向耦合计算可以得到  $A_{in}, B_{in}$  与  $A_{out}, B_{out}$  之间有如下关系

$$\begin{bmatrix} A_{out} \\ B_{out} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U^* & -V^* \\ V & U \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_{in} \\ B_{in} \end{bmatrix} \exp[-j\beta(L_{01} + L_{02} + L_{03})] \quad (1)$$

式中  $L_{01}, L_{02}$  和  $L_{03}$  分别为三对波导臂的短臂长度,  $\beta$  为导模传播常数. 传递矩阵可进一步写成

$$\begin{bmatrix} U^* & -V^* \\ V & U \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_2^* & -f_2^* \\ f_2 & e_2 \end{bmatrix}.$$

$$\begin{bmatrix} \exp\left(j\frac{\Delta\theta_2}{2}\right) & 0 \\ 0 & \exp\left(-j\frac{\Delta\theta_2}{2}\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1^* & -f_1^* \\ f_1 & e_1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中

$$e_1 = a_1 a_2 \exp\left(j\frac{\Delta\theta_1}{2}\right) - b_1^* b_2 \exp\left(-j\frac{\Delta\theta_1}{2}\right) \quad (3)$$

$$f_1 = a_2 b_1 \exp\left(j\frac{\Delta\theta_1}{2}\right) + a_1^* b_2 \exp\left(-j\frac{\Delta\theta_1}{2}\right) \quad (4)$$

$$e_2 = a_3 a_4 \exp\left(-j\frac{\Delta\theta_3}{2}\right) - b_3^* b_4 \exp\left(j\frac{\Delta\theta_3}{2}\right) \quad (5)$$

$$f_2 = a_4 b_3 \exp\left(-j\frac{\Delta\theta_3}{2}\right) + a_3^* b_4 \exp\left(j\frac{\Delta\theta_3}{2}\right) \quad (6)$$

式中

$$\Delta\theta_i = \beta\Delta L_i \quad (i=1,2,3) \quad (7)$$

式(7)表示波导臂长度差引起的位相差.  $a_i$  和  $b_i (i=1,2,3,4)$  分别为定向耦合器传递矩阵的构成元素, 即

$$a_i = \cos\left[\frac{\pi}{2L_{ei}}(L_i + L_{ei})\right] \quad (i=1,2,3,4) \quad (8)$$

$$b_i = -j\sin\left[\frac{\pi}{2L_{ei}}(L_i + L_{ei})\right] \quad i=1,2,3,4 \quad (9)$$

$L_{ei} (i=1,2,3,4)$  是定向耦合器的完全耦合长度. 不失一般性,  $A_{in}=0, B_{in}=1$ , 输出功率的交叉耦合比  $\eta_{CRO}$  可表示成如下形式

$$\eta_{CRO} = \frac{|A_{out}|^2}{|A_{out}|^2 + |B_{out}|^2} = \frac{|V|^2}{|V|^2 + |U|^2} \quad (10)$$

由功率守恒得到输出功率的平行耦合比为

$$\eta_{THR} = 1 - \eta_{CRO} \quad (11)$$

波长一定时, 定向耦合器的输出耦合比与两个因素有关, 一个是两相干输入光的振幅比例, 另一个是两相干输入光之间的位相差. 马赫—泽德回路的第一个定向耦合器用于产生两支具有一定振幅比例的相干光, 光路差结构用于调整两支相干光的位相差. 再经过第二个定向耦合器获得期望的功率耦合比. 当多个马赫—泽德回路串接后, 上述振幅比例和位相差的调整将被屡次进行. 由于定向耦合器的  $L_c$  和  $\beta$  具有随波长变化的色散特性, 因此通过对多个定向耦合器以及其间的光路差结构的各个物理参数的优化设计, 可以实现在某个波长范围内, 以  $\Delta\lambda$  为间隔的相邻波长的交叉分离.

单模条波导的本征模是混合模, 可分解为 TE-like 模  $E_{11}^x$  和 TM-like 模  $E_{11}^y$  两个正交偏振态. 由于含氟聚酰亚胺的折射率各向异性, 一般情况下, 不同的偏振模有不同的等效折射率, 结果使得耦合器的输出特性随偏振态变动发生漂移. 为了消除这种偏振依赖性, 设计中必须考虑偏振变动的影响.

由式(2)~(9)知, 参数  $U$  和  $V$  是  $L_i, \Delta L_j, L_{ei}, L_{ci}$  和  $\beta$  的函数,  $\eta_{CRO}$  以  $U$  和  $V$  为变量, 因此可表示为  $L_i, \Delta L_j, L_{ei}, L_{ci}$  和  $\beta$  的函数

$$\eta_{CRO} = \eta_{CRO}(L_i, \Delta L_j, L_{ei}, L_{ci}, \beta) \quad (i=1,2,3,4; j=1,2,3) \quad (12)$$

完全耦合长度  $L_c$  与传播常数  $\beta_e$  和  $\beta_o$  有如下关系<sup>[20]</sup>

$$L_c = \frac{\pi}{\beta_e - \beta_o} \quad (13)$$

$\beta_e$  和  $\beta_o$  分别是定向耦合系统中偶、奇对称模的传播常数. 由于波导色散,  $\beta_e$  和  $\beta_o$  随波长  $\lambda$ , 芯折射率  $n_g$ 、包层折射率  $n_c$ 、平行波导间隔  $s$  以及芯截面  $w, t$  的变化而变化. 由于其间的数学关系非常复杂, 这里  $\beta_e$  和  $\beta_o$  用有限差分法求得. 因此  $L_c$  可表示为如下  $\lambda, w, t, n_g, n_c$  及  $s_i$  的函数

$$L_{ci} = L_{ci}(\lambda, w, t, n_g, n_c, s_i) \quad (i=1,2,3,4) \quad (14)$$

等效耦合长度可由下式得到<sup>[21]</sup>

$$L_c = \frac{2L_{ci}}{\pi} \cos^{-1} \sqrt{\eta_o} \quad (15)$$

式中  $\eta_o$  为定向耦合器的输出功率耦合比, 该定向耦合器平行段长度等于  $L_c$ ,  $\eta_o$  通过三维波束传播法(3D-BPM)求得. 因此,  $L_{ci}$  同样可以表示为  $\lambda, w, t, n_g, n_c$  和  $s_i$  的函数

$$L_{ci} = L_{ci}(\lambda, w, t, n_g, n_c, s_i) \quad (i=1,2,3,4) \quad (16)$$

考虑到波导色散, 传播常数  $\beta$  可以表示为

$$\beta = \beta(\lambda, w, t, n_g, n_c) \quad (17)$$

求解  $\beta$  的方法有数种, 这里采用有限差分法. 含氟

聚酰亚胺的色散特性和偏振依赖性可以被表示为

$$n_g = n_g(\lambda, E_{11}^x \text{ or } E_{11}^y \text{ mode}) \quad (18)$$

$$n_c = n_c(\lambda, E_{11}^x \text{ or } E_{11}^y \text{ mode}) \quad (19)$$

将式(14)、(16)~(19)代入式(12),  $\eta_{\text{CRO}}$  可以看作波导回路几何参数  $L_i, s_i, \Delta L_j, w, t$  以及通过物理参数  $L_{ci}, L_{ei}, n_g, n_c$  和  $\beta$  联系起来的波长  $\lambda$  和偏振态  $E_{11}^x$  或  $E_{11}^y$  模的隐函数

$$\eta_{\text{CRO}} = \eta_{\text{CRO}}(L_i, s_i, \Delta L_j, w, t; \lambda, E_{11}^x \text{ or } E_{11}^y \text{ mode}) \quad (i=1, 2, 3, 4; j=1, 2, 3) \quad (20)$$

于是设计目标归结为, 结合材料的色散和双折射特性, 通过对波导回路的几何参数的优化设计, 在利用  $\eta_{\text{CRO}}$  的色散特性实现波长交叉分离耦合的同时, 消除器件的偏振依赖性. 即在优化选定的波导回路参数  $L_i, s_i, \Delta L_j, w, t$  下, 实现

$$\eta_{\text{CRO}}(\lambda, E_{11}^x \text{ mode}) = \eta_{\text{CRO}}(\lambda, E_{11}^y \text{ mode}) = \begin{cases} 0, & \text{at and near } \lambda = \lambda_1, \lambda_3, \dots, \lambda_{2N-1} \\ 1, & \text{at and near } \lambda = \lambda_2, \lambda_4, \dots, \lambda_{2N} \end{cases} \quad (21)$$

下标  $2N$  代表波长信道数. 由于函数关系的复杂, 以及波长数目和关联因子甚多, 这里采用统计优化方法. 设  $O$  为目标功率耦合比, 定义如下评价函数  $\delta$  来统计反映在所考虑的波长带域上、包含两个直交偏振态在内的、器件的输出功率耦合比的设计值与目标值的吻合程度

$$\delta = \sum_m \sum_n [(\eta_{\text{CRO}})_{mn} - O_m]^2 \quad (m=1, 2, \dots, 2N; n=1, 2) \quad (22)$$

下标  $m$  代表波长信道,  $n$  代表  $E_{11}^x$  模和  $E_{11}^y$  模.  $\delta$  愈小, 器件的波长交叉分离和抗偏振特性愈好. 通过寻找  $\delta$  的最小值即可实现耦合器的优化设计.

## 2 器件设计参数

将 6FDA 与 ODA、TFDB 按等莫尔数配平, 在氮气氛围中, 与 DMAc 溶媒充分搅拌, 得到相应的共聚酰亚胺酸. 在石英基板上, 用旋涂法成膜后, 经 350°C 氮气氛围热处理, 完成缩聚反应和脱溶媒、脱水, 制得含氟聚酰亚胺薄膜光波导. 图 2 给出了用棱镜耦合仪测得的含氟聚酰亚胺中 6FDA/TFDB 的含量比例与折射率的关系、以及双折射特性. 显示出明显的线性特性. 波导芯和包层的折射率可以通过调节含氟聚酰亚胺中 6FDA/TFDB 的含量来精确控制. 双折射率的值随 6FDA/TFDB 的含量比例在 0.0064 和 0.0082 之间线性变动. 以 1550 nm 为中心, 140 nm 带宽内, 含氟聚酰亚胺基本呈线性色散, 折射率波长系数约为  $-0.84 \times 10^{-5}/\text{nm}$ .

传播常数  $\beta$  和定向耦合器的偶、奇对称模的传播常数  $\beta_e$  和  $\beta_o$  可以通过有限差分法解本征模方程

求得, 然后代入式(13)即可求得  $L_c, L_e$ . 由式(15)得到, 式中  $\eta_e$  是平行段长度取  $L_c$  的单个定向耦合器的输出功率比. 该定向耦合器的几何结构与图 1 所示波导回路中单个定向耦合器的完全相同, 耦合比  $\eta_e$  由 3D-BPM 计算得出, 横向细分宽度为 0.2  $\mu\text{m}$ 、纵向步长为 1  $\mu\text{m}$ .

## 3 设计结果

考虑到与单模光纤端面耦合的模场匹配性, 设计取光波导芯的截面尺寸为  $w = t = 8 \mu\text{m}$ , 相对折射率差  $\Delta = (n_g^2 - n_c^2)/2n_g^2 = 0.3\%$ . 该波导在 1550 nm 波段激励单模. 以 1550 nm 为中心、波长间隔为 0.8 nm 提取 40 个波长作为输入信号. 通过求解下列微分方程组实现方程(22)的  $\delta$  的最小化

$$\frac{\partial \delta}{\partial x_j} = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, 7) \quad (23)$$

式中

$$x_j (j = 1, 2, \dots, 7) = L_1, L_2, L_3, L_4, \Delta L_1, \Delta L_2, \Delta L_3 \quad (24)$$

在求解微分方程组的过程中, 参变量  $s_i (i = 1, 2, 3, 4)$  以及双折射率采用扫描赋值, 折射率与双折射率之间的连动关系由图 2 给出. 计算得到与  $\delta = 0.0076$  对应的波长分离耦合器参数为:  $L_1 = 1.9 \text{ mm}, L_2 = 0.4 \text{ mm}, L_3 = 0.5 \text{ mm}, L_4 = 2.0 \text{ mm}, \Delta L_1 = 0.68 \mu\text{m}, \Delta L_2 = 973.74 \mu\text{m}, \Delta L_3 = 0.68 \mu\text{m}, s_i (i = 1, 2, 3, 4) = 5 \mu\text{m}$ . 双折射为 0.0079, 相应的  $n_g = 1.5267$ .

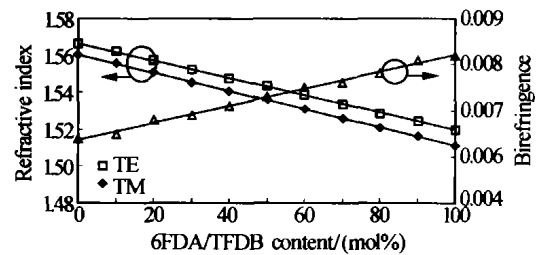


图 2 在 1550 nm 波长下, 含氟聚酰亚胺中 6FDA/TFDB 的含量比例与折射率 ( $n_{\text{TE}}$  和  $n_{\text{TM}}$ ) 及双折射的关系

Fig. 2 Relationship between 6FDA/TFDB ratio in fluorinated polyimide and refractive index ( $n_{\text{TE}}$  and  $n_{\text{TM}}$ ) measured for TE and TM modes, and birefringence at 1550 nm wavelength

经上述优化设计得到的波长交叉分离耦合器的输出特性的数值运算结果示于图 3, 0.8 nm 波长间隔的 40 路信号实现了交叉分离, 波长周期的最大偏移小于 0.1 nm. 两个正交偏振态显示了相同的输出特性, 偏振变动导致的波长偏移小于 0.08 nm.

图 4 给出了中心波长附近的详细输出光谱, 1 dB 带宽和 3 dB 带宽分别为 0.5 nm 和 0.8 nm, 串扰小于 -30 dB. 在中心波长附近, 波长的偏振依赖性非常小, 偏振变动导致的波长偏移为 0.01 nm.

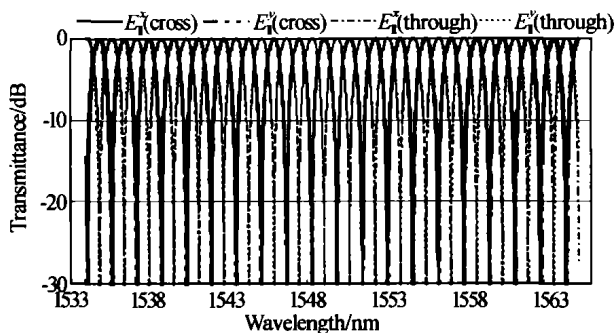


图3 40路波长交叉分离耦合器的 $E_{11}^x$ 模与 $E_{11}^y$ 模输出结果  
Fig. 3 Transmittance spectra of 4-channel interleaver for both  $E_{11}^x$  and  $E_{11}^y$  modes

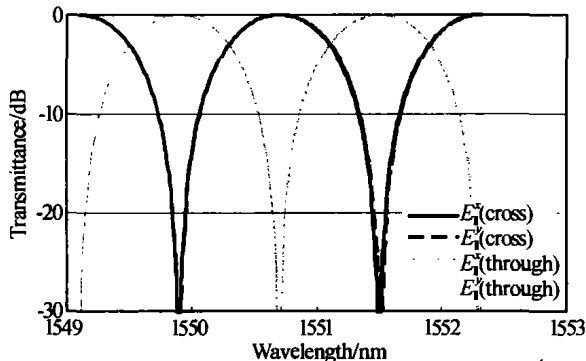


图4 中心波长附近 $E_{11}^x$ 模与 $E_{11}^y$ 模的输出曲线. 经过抗偏振设计的器件两直交偏振态显示相同的输出特性  
Fig. 4 Transmittance spectra around center port for both  $E_{11}^x$  and  $E_{11}^y$  modes. The two polarizations have the same output character for the interleaver with polarization-independence design

## 4 结论

提出了含氟聚酰亚胺波长交叉分离耦合器的优化设计方法, 报告了含氟聚酰亚胺薄膜的制备工艺, 研究了薄膜的色散特性和双折射效应. 在实测数据的基础上, 完成了1550 nm中心波长、0.8 nm波长间隔、40路波长信道的波长交叉分离耦合器的抗偏振变动设计. 器件的数值模拟结果显示, 波长周期最大偏移小于0.1 nm, 1 dB带宽为0.5 nm, 3 dB带宽为0.8 nm, 串扰小于-30 dB. 两正交偏振态显示出相同的输出特性, 偏振变动导致的波长漂移小于0.08 nm.

## 参考文献

- 1 Takahashi H, Okamoto K, Inoue Y. Arrayed-waveguide grating wavelength multiplexers for WDM system. *NTT Review*, 1998, **10**(1): 30 ~ 36
- 2 Takada K, Abe M, Shibata T, et al. 10 GHz-spaced 1010-channel tandem AWG filter consisting of one primary and ten secondary AWGs. *Photon Technol Letts*, 2001, **13**(6): 577 ~ 578
- 3 Oguma M, Jinguji K, Kitoh T, et al. Flat-passband interleaver filter with 200 GHz channel spacing based on planar lightwave circuit-type lattice structure. *Electron Letts*, 2000, **36**(15): 1299 ~ 1300

- 4 Jinguji K, Oguma M. Optical half-band filters. *J Lightwave Technol*, 2000, **18**(2): 252 ~ 259
- 5 Mizuno T, Kitoh T, Saida T, et al. Dispersionless interleaver filter based on transversal form optical filter. *Electron Letts*, 2002, **38**(19): 1121 ~ 1122
- 6 Kurokawa T, Takato N, Katayama Y. Polymer optical circuits for multimode optical fiber systems. *Appl Opt*, 1980, **19**(18): 3124 ~ 3129
- 7 Reuter R, Franke H, Feger C. Evaluating polyimides as lightguide materials. *Appl Opt*, 1988, **27**(21): 4565 ~ 4571
- 8 Hartman D H, Lalk G R, Howse J W, et al. Radiant cured polymer optical waveguides on printed circuit boards for photonic interconnection use. *Appl Opt*, 1989, **28**(1): 40 ~ 47
- 9 Booth B L. Low loss channel waveguides in polymers. *J Lightwave Technol*, 1989, **7**(10): 1445 ~ 1453
- 10 Keil N, Yao H H, Zawadzki C, et al. 4 × 4 polymer thermo-optic directional coupler switch at 1.55 μm. *Electron Lett*, 1989, **30**(8): 1445 ~ 1453
- 11 Watanabe T, Inoue Y, Kaneko A, et al. Polymetric arrayed-waveguide grating multiplexer with wide tuning range. *Electron Lett*, 1997, **33**(18): 1547 ~ 1548
- 12 Kobayashi J, Matsuura T, Hida Y, et al. Fluorinated polyimide waveguides with low polarization-dependent loss and their applications to thermo-optic switches. *J Lightwave Technol*, 1998, **16**(6): 1024 ~ 1029
- 13 Matsuura T, Kobayashi J, Ando S, et al. Heat-resistant flexible-film optical waveguides from fluorinated polyimides. *App Opt*, 1999, **38**(6): 966 ~ 971
- 14 Kang J W, Kim J P, Lee W Y, et al. Low-loss fluorinated poly(arylene ether sulfide) waveguides with high thermal stability. *J Lightwave Technol*, 2001, **19**(6): 872 ~ 875
- 15 卢红亮, 陈抱雪, 赵德欣, 等. 高分子光波导宽带耦合器的抗温变动设计. *光子学报*, 2002, **31**(Z2): 141 ~ 145  
Lu H L, Chen B X, Zhao D X, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2002, **31**(Z2): 141 ~ 145
- 16 周建忠, 陈抱雪, 贾洪波, 等. 对偏振变动和膜厚变动脱敏的高分子波导宽带耦合器. *光子学报*, 2004, **33**(4): 424 ~ 427  
Zhou J Z, Chen B X, Jia H B, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2004, **33**(4): 424 ~ 427
- 17 赵禹, 马春生, 张大明, 等. 聚合物阵列波导光栅复用器关键技术的研究. *光子学报*, 2003, **32**(4): 417 ~ 420  
Zhao Y, Ma C S, Zhang D M, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2003, **32**(4): 417 ~ 420
- 18 Takahashi H, Oda K, Toba H, et al. Transmission characteristics of arrayed waveguide N × N wavelength multiplexer. *J Lightwave Technol*, 1995, **13**(3): 447 ~ 455
- 19 姚寿铨, 陈凯旋. 光纤马赫-陈德尔干涉型8波分超窄波分复用器的研制. *光学学报*, 1998, **18**(8): 1113 ~ 1118  
Yao S Q, Chen K X. *Acta Optic Sinica*, 1998, **18**(8): 1113

~ 1118

21 Chen B X, Yuan Y F, Iso M. Design of wide wavelength-insensitive coupler using statistical optimum method. *Acta Optica Sinica*, 2001, **21**(8):996 ~ 1000

20 Nishihara H, Haruna M, Suhara T. Optical Integrated Circuit. Tokyo, Japan, Ohm Co. Ltd., 1993. 40 ~ 69

## Optimized Design of Polarization-independent for Fluorinated Polyimide Interleaver

Jia Hongbo<sup>1</sup>, Chen Baoxue<sup>1</sup>, Zhou Jianzhong<sup>1</sup>, Zhao Dexin<sup>2</sup>, Yuan Yifang<sup>1</sup>, Mamoru ISO<sup>3</sup>

<sup>1</sup> College of Optics and Electron Information Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093

<sup>2</sup> Nitta Shanghai Co., Ltd, Shanghai 200233

<sup>3</sup> Department of Chemical Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan 184-8588

Received date: 2003-10-23

**Abstract** A statistical optimization method for the design of a fluorinated polyimide wavelength division element for optical communications is proposed. The optimized device is an interleaver element suitable for dividing over 40 wavelengths in the 1550 nm band. Optimization considers the inherent polarization dependence of fluorinated polyimide based on measurements of the dispersion characteristics and birefringence of fluorinated polyimide film. A 40-wavelength device is designed using the proposed technique, for a working wavelength of 1550 nm and a wavelength interval of 0.8 nm. The device exhibited 1 dB passband of 0.5 nm and 3 dB passband of 0.8 nm, and output wavelength fluctuation due to polarization effects of less than 0.08 nm.

**Keywords** Optical waveguide; Polarization-independence; Fluorinated polyimide waveguide; Wavelength-interleave coupler



**Jia Hongbo** born in Shandong Province of China. Now, he is studying for master degree in university of Shanghai for science and technology. His main research interests are in design of optical waveguide device for DWDM and optical waveguide preparation process.