

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04J 14/02 (2006.01)

H04B 10/12 (2006.01)



## [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200510016932.6

[43] 公开日 2007年1月10日

[11] 公开号 CN 1893334A

[22] 申请日 2005.7.1

[21] 申请号 200510016932.6

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130031 吉林省长春市东南湖大路16号

[72] 发明人 鄂书林 邓文渊 孙德贵 王鹏飞

[74] 专利代理机构 长春科宇专利代理有限责任公司  
代理人 梁爱荣

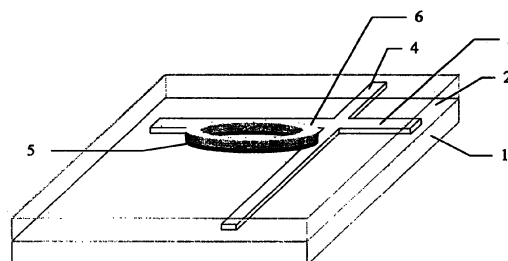
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

### [54] 发明名称

聚合物微型谐振环波分复用器及其制备方法

### [57] 摘要

本发明涉及微型谐振环与直波导垂直耦合的新型波分复用器。硅基板1、下包层2、输入直波导3、输出直波导4、缓冲层5、微型谐振环6；在硅基板上旋涂聚合物材料，制成下包层；再次旋涂一层下包层；下包层上刻蚀刻出输入直波导和输出直波导的凹槽；旋涂输入直波导和输出直波导的芯层；旋涂缓冲层；旋涂微型谐振环的芯层材料；真空溅射镀铝、涂光刻胶坚膜、曝光、显影、反应离子刻蚀、腐蚀去铝完成器件制作。分波性能良好，在中心输出波长 $1.55\mu\text{m}$ 附近波长间隔 $\Delta\lambda$ 在 $0.8\text{nm} - 5.6\text{nm}$ 范围内，具有损耗低、热光稳定性好、折射率易调整、集成度高、输出信道间串扰小，工艺简单成本低廉。解决波分复用器插入损耗大、对温度和偏振敏感、光通路带宽不理想问题。



1、聚合物微型谐振环波分复用器，其特征在于包括：硅基板(1)、信道波导下包层(2)、输入直波导(3)、输出直波导(4)、缓冲层(5)、微型谐振环(6)，在硅基板(1)的上面旋涂有信道波导下包层(2)，在信道波导下包层(2)的本体上有输入直波导(3)和输出直波导(4)，且输入直波导(3)和输出直波导(4)相互垂直，在信道波导下包层(2)的上面有缓冲层(5)，在缓冲层(5)的上面有微型谐振环(6)，微型谐振环(6)与输入直波导(3)和输出直波导(4)相切。

2、根据权利要求1所述的聚合物微型谐振环波分复用器，其特征在于：输出直波导(4)和微型谐振环(6)分别采用N个，微型谐振环(6)的半径分别为 $R_1, R_2, \dots, R_n$ ，相邻微型谐振环(6)的半径差为 $\Delta R$ 。

3、根据权利要求1所述的聚合物微型谐振环波分复用器，其特征在于：输入直波导(3)、输出直波导(4)、微型谐振环(6)的宽度可选择为 $1\mu\text{m}-2.5\mu\text{m}$ 、厚度为 $0.5\mu\text{m}-2.5\mu\text{m}$ ；信道波导下包层(2)的厚度可选择为 $6\mu\text{m}-10\mu\text{m}$ ；缓冲层(5)的厚度可选择为 $0.4\mu\text{m}-2\mu\text{m}$ 。

4、聚合物微型谐振环波分复用器的制备方法，工艺步骤如下：

A. 对硅基板清洁处理，在硅基板上旋涂聚合物材料，在 $60^\circ\text{C}-100^\circ\text{C}$ 下烘焙0.5小时—1.5小时，制成信道波导下包层；

B. 将步骤A再次旋涂一层信道波导下包层，在 $100^\circ\text{C}-150^\circ\text{C}$ 下烘焙固化1小时-3小时；

C. 在步骤 B 形成的信道波导下包层上真空溅射镀铝，涂光刻胶并坚膜，采用负性掩膜板曝光，显影、反应离子刻蚀刻出输入直波导和输出直波导的凹槽；

D. 在步骤 C 形成的结构上旋涂输入直波导和输出直波导的芯层，在  $100^{\circ}\text{C}$ - $150^{\circ}\text{C}$  下烘焙固化 1 小时-3 小时，反应离子刻蚀，直到铝掩膜层上的芯层完全刻蚀掉，然后腐蚀去铝；

E. 将步骤 D 旋涂缓冲层；

F. 将步骤 E 旋涂微型谐振环的芯层材料；

G. 在步骤 F 真空溅射镀铝，再涂光刻胶并坚膜，正性掩膜板曝光、显影、反应离子刻蚀、腐蚀去铝，完成器件制作。

## 聚合物微型谐振环波分复用器及其制备方法

### 技术领域：

本发明属于光通信无源器件，涉及一种采用波导技术制作的聚合物微型谐振环与直波导垂直耦合的新型波分复用器。

### 背景技术：

密集波分复用（DWDM）技术因其高速、大容量光纤传输已经成为包括中国在内的世界各国光纤网络建设的首选方案，近几年获得了长足的发展，得到了广泛的应用。随着 DWDM 的发展，对各种光通信器件的需求也越来越高，目前常用的波分复用器有角色散型（如光栅和棱镜）、干涉型（如薄膜滤波器型和 Mach-Zahnder 滤波器型）和平面波导光栅型（AWG）。光栅型波分复用器具有优良的波长选择性，但插入损耗大、对温度和偏振敏感，光通路带宽不理想。DTF 干涉型滤波器可实现结构稳定的小型化器件，但插入损耗随复用通路增多而加大。

微型谐振环是近年发展起来的器件结构，在光网络可以作为滤波器、调制器、激光器等。近年来，以微型谐振环为基本功能单元的光器件的研究因其结构简单、便于制作、有利于光电集成、串扰低、输出平坦等特点吸引了越来越多光电子领域科技工作者的兴趣，国际上将其作为大规模集成光电子回路的基本元件对其理论和技术展开深入研究 and 探讨。微型谐振环波分复用器在我国尚未见报道。

## 发明内容:

为了解决背景技术中的波分复用器插入损耗大、对温度和偏振敏感、光通路带宽不理想等技术问题,本发明采用不同折射率聚合物作为信道和微环波导芯层和包层材料制作光波导,本发明将提供一种聚合物多通道微型谐振环波分复用器及其制作工艺技术。

本发明器件包括:硅基板 1、信道波导下包层 2、输入直波导 3、输出直波导 4、缓冲层 5、微型谐振环 6,在硅基板 1 的上面旋涂有信道波导下包层 2,在信道波导下包层 2 的本体上有输入直波导 3 和输出直波导 4,且输入直波导 3 和输出直波导 4 相互垂直,在信道波导下包层 2 的上面有缓冲层 5,在缓冲层 5 的上面有微型谐振环 6,微型谐振环 6 与输入直波导 3 和输出直波导 4 相切。输出直波导 4 和微型谐振环 6 分别采用  $N$  个 ( $N=1,2,\dots,N$ ),微型谐振环 6 的半径分别为  $R_1, R_2, \dots, R_n$ ,  $n=1,2,3,\dots,N$ ,相邻微型谐振环 6 的半径差为  $\Delta R$ 。输入直波导 3、输出直波导 4、微型谐振环 6 的宽度可选择为  $1\mu\text{m}-2.5\mu\text{m}$ 、厚度为  $0.5\mu\text{m}-2.5\mu\text{m}$ 。信道波导下包层 2 的厚度可选择为  $6\mu\text{m}-10\mu\text{m}$ 。缓冲层 5 的厚度可选择为  $0.4\mu\text{m}-1\mu\text{m}$ 。

本发明解复用和复用过程为:含有不同波长的复信号光从输入直波导的端口输入并耦合进入不同半径的微型谐振环后,每个微型谐振环中只有一个波长的光满足谐振条件而引起谐振,不同半径的微型谐振环中谐振光的波长也不相同,因而耦合进入不同的输出直波导后具有最大输出光强的光的波长也互不相同,从而完成了解复用功能。反之,从输出直波导的端口输入不同波长的信号光耦合进入不同半径的

微型谐振环谐振后,再耦合进入输入直波导后的输出光为这些波长的复合光,从而完成了复用功能。

本发明的工艺步骤如下:

A. 对硅基板清洁处理,在硅基板上旋涂聚合物材料,在  $60^{\circ}\text{C}$ — $100^{\circ}\text{C}$  下烘焙 0.5 小时—1.5 小时,制成信道波导下包层;

B. 将步骤 A 再次旋涂一层信道波导下包层,在  $100^{\circ}\text{C}$ — $150^{\circ}\text{C}$  下烘焙固化 1 小时—3 小时;

C. 在步骤 B 形成的信道波导下包层上真空溅射镀铝,涂光刻胶并坚膜,采用负性掩模板曝光,显影、反应离子刻蚀刻出输入直波导和输出直波导的凹槽;

D. 在步骤 C 形成的结构上旋涂输入直波导和输出直波导的芯层,在  $100^{\circ}\text{C}$ — $150^{\circ}\text{C}$  下烘焙固化 1 小时—3 小时,反应离子刻蚀,直到铝掩膜层上的芯层完全刻蚀掉,然后腐蚀去铝;

E. 将步骤 D 旋涂缓冲层;

F. 将步骤 E 旋涂微型谐振环的芯层材料;

G. 在步骤 F 真空溅射镀铝,再涂光刻胶并坚膜,正性掩模板曝光、显影、反应离子刻蚀、腐蚀去铝,完成器件制作。

发明的优点:

本发明解决了已有技术中波分复用器中结构设计、材料选择和制作工艺的问题。

本发明是一种采用具有很多优越性的聚合物材料制作的全新结构的波分复用器。本发明采用微型谐振环与输入直波导和输出直波导

在不同平面内垂直耦合的结构，本发明的分波性能良好，在中心输出波长  $1.55\ \mu\text{m}$  附近波长间隔  $\Delta\lambda$  在  $0.8\text{nm} - 5.6\text{nm}$  范围内，采用聚合物材料具有损耗低、热光稳定性好、折射率易调整等优点，利用铝掩膜和反应离子刻蚀技术，使器件工艺简单且成本低廉。解决了背景技术中的波分复用器插入损耗大、对温度和偏振敏感、光通路带宽不理想等技术问题，封装后器件的尺寸在 1 平方厘米范围内，这样小的器件大大提高了集成度、具有插入损耗小、输出信道间的串扰小等优点，是一种性能良好的微型谐振环波分复用器结构，适用于现代光通信系统的波分复用技术。

附图说明：

图 1 是本发明器件结构原理示意图

图 2 是本发明器件一个分波单元结构图

图 3 是一个分波单元中输入直波导 3 或输出直波导 4 和微型谐振环的横截面示意图

具体实施方式：

下面对照附图对本发明优选实施例的描述将会使本发明上述的以及其他的优点和特性更加清楚。

本发明的结构包括硅基板 1、信道波导下包层 2、输入直波导 3、输出直波导 4、缓冲层 5、微型谐振环 6；信道波导下包层 2、输入直波导 3、输出直波导 4、缓冲层 5 和微型谐振环 6 采用聚合物材料；输出直波导 4 和微型谐振环 6 分别采用  $N=8$ ，微型谐振环 6 的半径分别为  $R_1, R_2, \dots, R_8$ ， $n=1,2,3\dots,8$ ，相邻的微型谐振环 6 的半径差

为  $\Delta R$  可选择为  $0.1 \mu\text{m}$  或  $0.3 \mu\text{m}$  或  $0.5 \mu\text{m}$ 。输入直波导 3、输出直波导 4、微型谐振环 6 的宽度  $a$  可选择为  $1 \mu\text{m}$  或  $1.5 \mu\text{m}$  或  $2.5 \mu\text{m}$ ；输入直波导 3 和输出直波导 4 的深度  $b_1$  为  $1 \mu\text{m}$  或  $1.5 \mu\text{m}$  或  $2 \mu\text{m}$ ；微型谐振环 6 的深度  $b_2$  为  $1 \mu\text{m}$  或  $1.5 \mu\text{m}$  或  $2 \mu\text{m}$ 。信道波导下包层 2 的厚度  $h$  可选择为  $6 \mu\text{m}$  或  $7 \mu\text{m}$  或  $10 \mu\text{m}$ 。缓冲层 5 的厚度  $d$  可选择为  $0.4 \mu\text{m}$  或  $0.8 \mu\text{m}$  或  $2 \mu\text{m}$ 。

首先在硅基板上 1 旋涂一层信道波导下包层 2，在  $60^\circ\text{C}$  或  $80^\circ\text{C}$  或  $100^\circ\text{C}$  下烘焙 0.5 小时或 1 小时或 1.5 小时；再次旋涂一层信道波导下包层，在  $100^\circ\text{C}$  或  $120^\circ\text{C}$  或  $150^\circ\text{C}$  下烘焙固化 1 小时或 2 小时或 3 小时，信道波导下包层 2 厚度  $h$  大于  $6 \mu\text{m}$ ，旨在减小泄露损耗，利用铝掩膜技术和反应离子刻蚀技术进行光刻和光波导制作，制作出垂直交叉的输入直波导 3、输出直波导 4 的凹槽，旋涂输入直波导 3、输出直波导 4 的芯层，在  $100^\circ\text{C}$  或  $130^\circ\text{C}$  或  $150^\circ\text{C}$  下烘焙固化 1 小时或 2 小时或 3 小时，输入直波导 3、输出直波导 4 和微型谐振环 6 的芯层使用同一种材料其折射率为  $n_1$ ，信道波导下包层 2 和缓冲层 5 材料折射率为  $n_2$ ，聚合物材料可以选择 PMMA、CYTOP、BCB 等，调整聚合物组分使其具有不同的折射率。微型谐振环 6 的上限制层为空气，其折射率为  $n_3=1$  ( $n_2 > n_1 > n_3$ )。在此垂直交叉输入直波导 3 和输出直波导 4 平面上旋涂另一缓冲层 5，为达到理想耦合效率，此缓冲层 5 厚度  $d$  应保持在  $2 \mu\text{m}$ （图 3 中  $d$ ）以内。微型谐振环 6 置于此缓冲层 5 之上，且分别与相对应的输入直波导 3 和输出直波导 4 相切。八个微型谐振环 6 中微型谐振环 6-1 的半径  $R_1$  在 10



$\mu\text{m}$ -- $100\mu\text{m}$  之间, 即可选择为  $10\mu\text{m}$  或  $20\mu\text{m}$  或  $30\mu\text{m}$  或  $50\mu\text{m}$  或  $80\mu\text{m}$  或  $100\mu\text{m}$  等, 微型谐振环 6-2, 微型谐振环 6-3, 微型谐振环 6-4, 微型谐振环 6-5, 微型谐振环 6-6, 微型谐振环 6-7, 微型谐振环 6-8 的半径分别为  $R_2, \dots, R_8$ ,  $R_2=R_1+\Delta R$ ;  $R_3=R_1+2\Delta R$ ;  $\dots R_8=R_1+(8-1)\Delta R$ 。相邻微型谐振环 6 的半径差为  $\Delta R$  可根据所选择聚合物材料和分波范围  $\Delta\lambda$  以及加工工艺条件决定,  $\Delta R$  可选择在  $0.1\mu\text{m}$  - $0.5\mu\text{m}$  之间, 即为  $0.1\mu\text{m}$  或  $0.2\mu\text{m}$  或  $0.3\mu\text{m}$  或  $0.4\mu\text{m}$  或  $0.5\mu\text{m}$ 。微型谐振环 6 的制作工艺与输入直波导 3 和输出直波导 4 相同。

可以理解对上述实施例的改变和修改对于本领域的熟练技术人员来说是清楚和预料之中的。因此, 应当将上面的详细说明看作例子而不是限制, 可以理解下面的权利要求, 包括所有等同物应当确定了本发明的实质和范围。

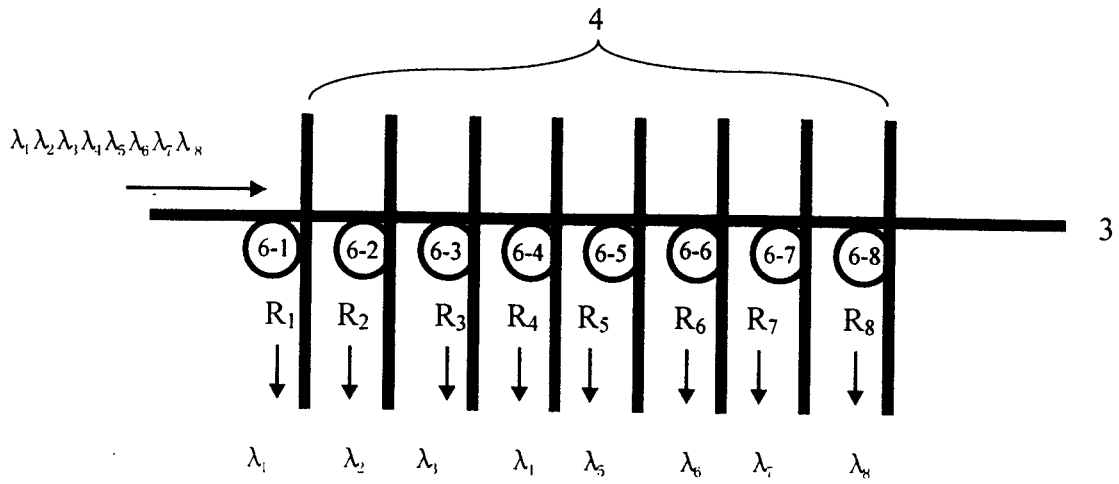


图 1

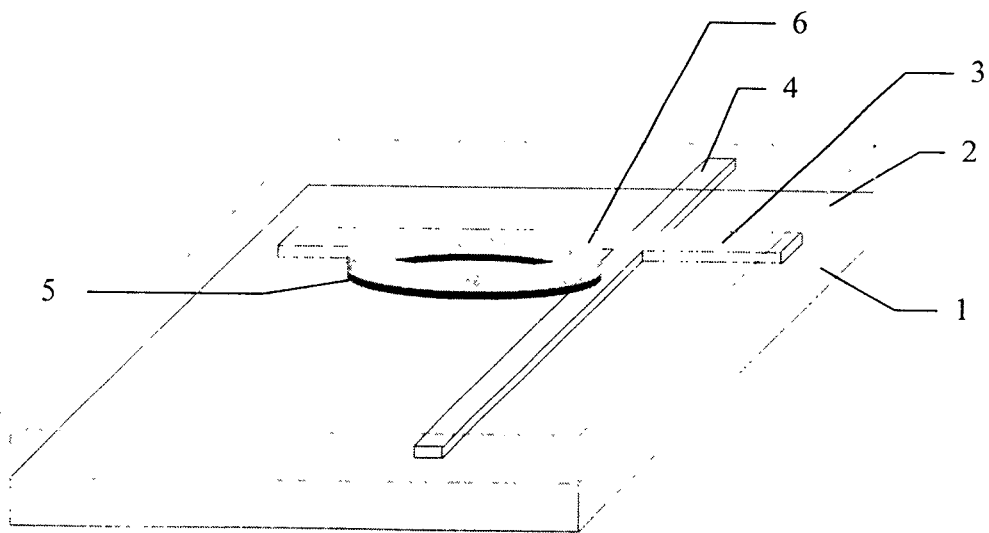


图 2

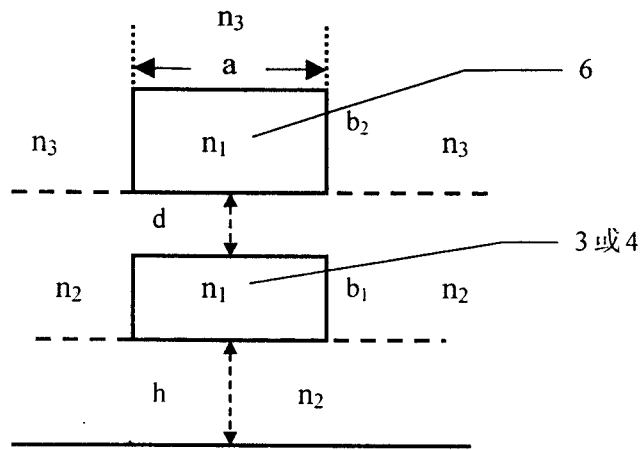


图 3