

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 6/13 (2006.01)

G03F 7/00 (2006.01)

G02B 6/26 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710193524.7

[43] 公开日 2008 年 6 月 18 日

[11] 公开号 CN 101201435A

[22] 申请日 2007.12.11

[21] 申请号 200710193524.7

[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 130033 吉林省长春市东南湖大路 16 号

[72] 发明人 邓文渊 周广丽 郭洪波 鄂书林

[74] 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所
代理人 赵炳仁

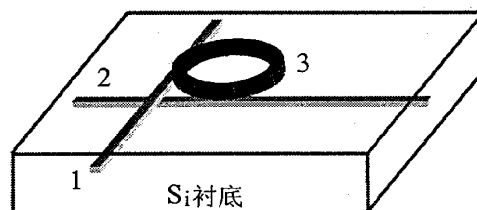
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 1 页

[54] 发明名称

一种聚合物垂直耦合器的制备方法

[57] 摘要

本发明涉及光通信—集成光波导器件的制备方法，具体涉及一种聚合物垂直耦合器的制备方法。包括以下步骤：a. 在洁净的衬底上旋涂一层聚合物包层材料，b. 在步骤 a 所形成的器件上面沉积一层金属薄膜和一层正性光刻胶，进行光刻掩膜，反应离子刻蚀，制备出光波导芯层的掩埋沟道；c. 在步骤 b 所形成的器件上旋涂聚合物芯层材料，进行反应离子刻蚀，将金属薄膜层和沟道上方多余的聚合物芯层刻蚀掉，将金属薄膜湿法去掉；d. 在步骤 c 所形成的器件上面旋涂聚合物缓冲层材料；e. 在步骤 e 所形成的器件上面旋涂聚合物芯层材料，在聚合物芯层上面涂一层正性光刻胶，进行光刻掩膜，反应离子刻蚀，涂一层聚合物上包层。本方法可有效制备高质量的垂直耦合器。



1. 一种聚合物垂直耦合器的制备方法，其特征在于包括以下步骤：

a. 在洁净的衬底上旋涂一层聚合物包层材料，接着在真空干燥箱内烘焙固化，包层的厚度为设定的光波导下包层厚度与光波导芯层厚度之和；

b. 在步骤 a 所形成的器件上面沉积一层金属薄膜和一层正性光刻胶，采用负掩膜版进行光刻掩膜，然后进行反应离子刻蚀，制备出光波导芯层的掩埋沟道；

c. 在步骤 b 所形成的器件上旋涂聚合物芯层材料，在真空干燥箱内烘焙固化，然后进行反应离子刻蚀，将金属薄膜层和沟道上方多余的聚合物芯层刻蚀掉，然后将金属薄膜湿法去掉；

d. 在步骤 c 所形成的器件上面旋涂聚合物缓冲层材料，在真空干燥箱内烘焙固化；

e. 在步骤 e 所形成的器件上面旋涂聚合物芯层材料，在真空干燥箱内烘焙固化，在聚合物芯层上面涂一层正性光刻胶，采用正掩膜版进行光刻掩膜，接着进行反应离子刻蚀，涂一层聚合物上包层，便得到聚合物垂直耦合器。

一种聚合物垂直耦合器的制备方法

技术领域

本发明涉及光通信—集成光波导器件的制备方法，具体涉及一种利用金属薄膜掩膜和反应离子刻蚀技术制作聚合物垂直耦合器的方法。

背景技术

随着集成光学技术的发展以及应用领域的不断扩展，集成光波导器件的尺寸越来越小，集成密度越来越高，其中基于垂直耦合器结构的器件研究受到人们的密切关注。因为实现垂直集成方向的多层器件具有以下两个优点：一是可以大大提高器件的集成密度，降低器件的成本；另外就是可以使器件的设计和布局更加灵活，降低器件制备加工的难度。

聚合物光波导器件，由于材料种类丰富、制作工艺简单、成膜设备的投入成本较低等优点，正在受到更多的研究。传统的聚合物垂直耦合器的制备工艺主要包括聚合物旋涂成膜、光刻掩膜以及刻蚀成型等步骤，制作流程是：首先是在洁净衬底上制备光波导结构的下包层，然后在其上通过旋涂、光刻、刻蚀等工艺形成垂直耦合器的下光波导结构，常用的是矩形或脊形波导结构，然后在该光波导结构上旋涂聚合物中间缓冲层，然后在其上通过旋涂、光刻、刻蚀等工艺形成垂直耦合器的上光波导结构，最后旋涂聚合物上包层。

上述制备流程中，垂直耦合器的上波导结构的制备是整个制备的一个关键工艺。因为在该工艺中需要采用套刻来使耦合器的上波导结构与下波导结构严格符合设计时的相对位置参数，否则，将影响垂直耦合器的耦合强弱，进而影响器件的性能。而套刻工艺则要求样品的上表面很平坦，才能保证在套刻对准时，Mask模板与样品的上表面形成均匀而紧密的接触，从而使光刻曝光时，样品不同部位的曝光聚焦位置相同，保证上波导结构的均匀性。样

品上表面越平坦，则套刻的精度越高，制备的垂直耦合器的上波导结构的均匀性越好。

传统工艺流程在旋涂聚合物中间缓冲层时，是直接在已制备好的下波导结构上进行的。由于下波导结构都是矩形或脊形，在其上旋涂聚合物时，在矩形或脊形光波导结构的正上方很难形成比较平坦的上表面。在此上表面上旋涂的聚合物上波导芯层也会在相应位置形成不平坦的上表面，从而必将影响其后进行的套刻的精度以及上波导结构的均匀性。当下波导厚度较厚、中间缓冲层厚度比较薄以及垂直耦合区域比较小时，上述影响情况尤其严重。比较典型的如制备微谐振环垂直耦合多层器件时，由于微谐振环的尺寸比较小（典型的小于 $100\mu\text{m}$ 量级），尤其是微谐振环与信道波导或微谐振环与微谐振环的垂直耦合的区域都非常小，传统方法制备的位于垂直耦合器耦合区域的样品上表面局部表现出不平坦，对于上层的光波导结构与下层光波导结构之间的套刻以及上层光波导结构形貌的均匀性都都有严重影响。

发明内容

本发明的目的是提供一种改进的聚合物垂直耦合器的制备方法，以克服现有制备工艺存在的缺陷，保证垂直耦合器结构的均匀性，提高产品性能。

本发明提出的制备聚合物垂直耦合器的方法，包括以下步骤：

- a. 在洁净的衬底上旋涂一层聚合物包层材料，接着在真空干燥箱内烘焙固化，包层的厚度为设定的光波导下包层厚度与光波导芯层厚度之和；
- b. 在步骤 a 所形成的器件上面沉积一层金属薄膜和一层正性光刻胶，采用负掩膜版进行光刻掩膜，然后进行反应离子刻蚀，制备出光波导芯层的掩埋沟道；
- c. 在步骤 b 所形成的器件上旋涂聚合物芯层材料，在真空干燥箱内烘焙固化，然后进行反应离子刻蚀，将金属薄膜层和沟道上方多余的聚合物芯层刻蚀掉，然后将金属薄膜湿法去掉；
- d. 在步骤 c 所形成的器件上面旋涂聚合物缓冲层材料，在真空干燥箱内

烘焙固化;

e. 在步骤 e 所形成的器件上面旋涂聚合物芯层材料, 在真空干燥箱内烘焙固化, 在聚合物芯层上面涂一层正性光刻胶, 采用正掩膜版进行光刻掩膜, 接着进行反应离子刻蚀, 涂一层聚合物上包层, 便得到聚合物垂直耦合器。

本发明方法特点在于, 制作聚合物垂直耦合器的下耦合光波导时, 采用先制备一层相同厚度的聚合物包层材料, 并镀上一层薄金属掩膜层, 涂一层正性光刻胶, 采用负光刻掩模板进行光刻, 显影去掉光 Mask 图案上波导位置处的光刻胶和金属层, 采用反应离子刻蚀或等离子体耦合增强诱导刻蚀技术, 得到两边被金属薄膜层覆盖的光波导芯层的掩埋沟道, 然后旋涂聚合物光波导芯层材料, 采用反应离子刻蚀或等离子体耦合增强诱导刻蚀技术, 控制刻蚀速度和时间, 将金属薄膜层上方的多余聚合物芯层材料刻掉, 用湿法腐蚀去掉金属薄膜层, 旋涂聚合物缓冲层材料, 由此得到十分平坦的聚合物垂直耦合器的下耦合光波导上表面, 从而确保垂直耦合器上耦合光波导结构的制作质量。

本方法所涉及的垂直耦合器结构, 包括直光波导与直光波导、直光波导与弯曲光波导、弯曲光波导与直光波导、以及弯曲光波导与弯曲光波导等具体耦合形式的结构。尤其是聚合物光微环与直光波导的垂直耦合以及聚合物光微环与光微环波导的垂直耦合。

本发明方法与传统的聚合物垂直耦合器制备方法相比, 本发明中影响器件平坦度的主要因素是金属薄膜掩膜层的厚度, 由于其厚度值一般在 20~50nm 范围内, 其造成的波导表面的不平坦度将非常小, 因此本发明可以得到非常平坦的聚合物垂直耦合器中下光波导上表面, 从而确保垂直耦合器中上光波导与下光波导的精密套刻以及制备高质量的均匀的上波导结构。这种方法特别适用于制作中间缓冲层比较薄的垂直耦合器, 如微谐振环型垂直耦合器件, 垂直光开关器件等。

附图说明

图 1 是按本发明方法制备一种聚合物光微环弯波导与光直波导垂直耦合器的工艺流程图；

图 2 是本发明方法制备的一种垂直耦合微环滤波器结构示意图；

图 3 是本发明方法制备的直波导垂直耦合器结构图。

具体实施方式

通过以下实施例的描述对本发明方法的技术特点作进一步阐述。

本发明可以应用到大多数采用反应离子刻蚀 (RIE) 或等离子体耦合诱导刻蚀(ICP)技术成型的聚合物垂直耦合器。为了达到最佳的技术效果，需要对金属薄膜的种类和生长厚度，以及刻蚀金属薄膜层之上的多余波导芯层的刻蚀速度和时间选择合适的参数并严格控制。下面分别以甲基丙烯酸甲酯与甲基丙烯酸环氧丙酯共聚物（折射率 $n=1.47$ ）为包层材料、以甲基丙烯酸甲酯与甲基丙烯酸环氧丙酯共聚物（折射率 $n=1.52$ ）为芯层材料制备的垂直耦合微环滤波器和以甲基丙烯酸甲酯与甲基丙烯酸环氧丙酯共聚物（折射率 $n=1.55$ ）为包层材料、BCB（折射率 $n=1.56$ ）聚合物为芯层材料制备的垂直耦合器结构图为例来说明具体的实施过程。

实施例 1

制备如图 2 所示的垂直耦合微环滤波器。

参照图 1，其制备过程如下：

a. 在清洗干净的 Si 衬底上旋涂一层 $6\mu\text{m}$ 厚的甲基丙烯酸甲酯与甲基丙烯酸环氧丙酯共聚物包层材料（折射率 $n=1.47$ ），用真空干燥箱在 100°C 烘焙 1 小时，继续旋涂上一层 $2\mu\text{m}$ 厚的甲基丙烯酸甲酯与甲基丙烯酸环氧丙酯共聚物包层材料（折射率 $n=1.47$ ），用真空干燥箱在 120°C 烘焙 3 小时；

b. 在步骤 a 所形成的器件上面蒸镀一层 50nm 厚的金属 Al 薄膜层，涂一层正性光刻胶，采用直波导负掩膜版进行光刻掩膜，采用 O_2 进行反应离子刻蚀， O_2 的气流量是 25sccm ，RF 功率为 40W ，时间约为 40 分钟，得到 $4\mu\text{m}$ 宽， $2\mu\text{m}$ 厚的光波导芯层的掩埋沟道；

c. 在步骤 b 所形成的器件上旋涂甲基丙烯酸甲酯与甲基丙烯酸环氧丙酯共聚物芯层材料（折射率 $n=1.52$ ），用真空干燥箱在 125°C 烘焙 3 小时。采用 O_2 进行反应离子刻蚀，控制刻蚀速度和时间，将金属薄膜层和沟道上方多余的聚合物芯层刻蚀掉，湿法将金属薄膜去掉，然后在 120°C 烘焙 10 分钟；

d. 在步骤 c 所形成的器件上面旋涂甲基丙烯酸甲酯与甲基丙烯酸环氧丙酯共聚物缓冲层材料(折射率 $n=1.47$),厚度为 $0.1\sim 1.0\mu\text{m}$ 之间，然后在 120°C 烘焙 3 小时；

e. 在步骤 d 所形成的器件上面旋涂甲基丙烯酸甲酯与甲基丙烯酸环氧丙酯共聚物芯层材料（折射率 $n=1.52$ ），用真空干燥箱在 125°C 烘焙 3 小时，在聚合物芯层上面涂一层正性光刻胶，采用光微环的正掩膜版进行光刻掩膜，采用 O_2 进行反应离子刻蚀， O_2 的气流量是 25sccm ，RF 功率为 40W ，时间约为 40 分钟。

所制垂直耦合微环滤波器结构如图 2 所示，图中的 1 是位于下层的输入光波导，2 是位于下层的输出光波导，3 是位于上层的微环波导，该结构中实际包含两个微环波导与直波导垂直耦合的结构。

实施例 2

制备如图 3 所示的垂直耦合器。

a. 在清洗干净的 Si 衬底上旋涂一层 $6\mu\text{m}$ 厚的甲基丙烯酸甲酯与甲基丙烯酸环氧丙酯共聚物包层材料（折射率 $n=1.55$ ），用真空干燥箱在 100°C 烘焙 1 小时，继续旋涂上一层 $4\mu\text{m}$ 厚的甲基丙烯酸甲酯与甲基丙烯酸环氧丙酯共聚物包层材料（折射率 $n=1.55$ ），用真空干燥箱在 120°C 烘焙 3 小时；

b. 在步骤 a 所形成的器件上面溅射一层 30nm 厚的金属 Cr 薄膜层，涂一层正性光刻胶，采用直波导负掩膜版进行光刻掩膜，采用 O_2 进行反应离子刻蚀， O_2 的气流量是 50sccm ，RF 功率为 40W ，时间约为 50 分钟，得到 $4\mu\text{m}$ 宽， $4\mu\text{m}$ 厚的光波导芯层的掩埋沟道；

c. 在步骤 b 所形成的器件上旋涂 BCB 聚合物芯层材料(折射率 $n=1.56$)，

用真空干燥箱在 200℃ 烘焙 1 小时。采用 O_2 进行反应离子刻蚀，控制刻蚀速度和时间，将金属薄膜层和沟道上方多余的聚合物芯层刻蚀掉，湿法将金属薄膜去掉，然后在 100℃ 烘焙 10 分钟；

d. 在步骤 c 所形成的器件上面旋涂甲基丙烯酸甲酯与甲基丙烯酸环氧丙酯共聚物缓冲层材料(折射率 $n=1.55$),厚度为 $0.1\sim 1.0\mu m$ 之间，然后在 120℃ 烘焙 3 小时；

e. 在步骤 d 所形成的器件上面旋涂 BCB 聚合物芯层材料（折射率 $n=1.56$ ），用真空干燥箱在 200℃ 烘焙 1 小时。在聚合物芯层上面涂一层正性光刻胶，采用直光波导正掩膜版进行光刻掩膜，采用 O_2 进行反应离子刻蚀， O_2 的气流量是 50sccm，RF 功率为 40W，时间约为 50 分钟，在上面旋涂甲基丙烯酸甲酯与甲基丙烯酸环氧丙酯共聚物上包层材料(折射率 $n=1.55$),厚度为 $6.0\mu m$ ，然后在 120℃ 烘焙 3 小时。

所制垂直耦合微环滤波器结构如图 3 所示，图中的 4 是位于下层的垂直耦合光波导，5 是位于上层的垂直耦合光波导。

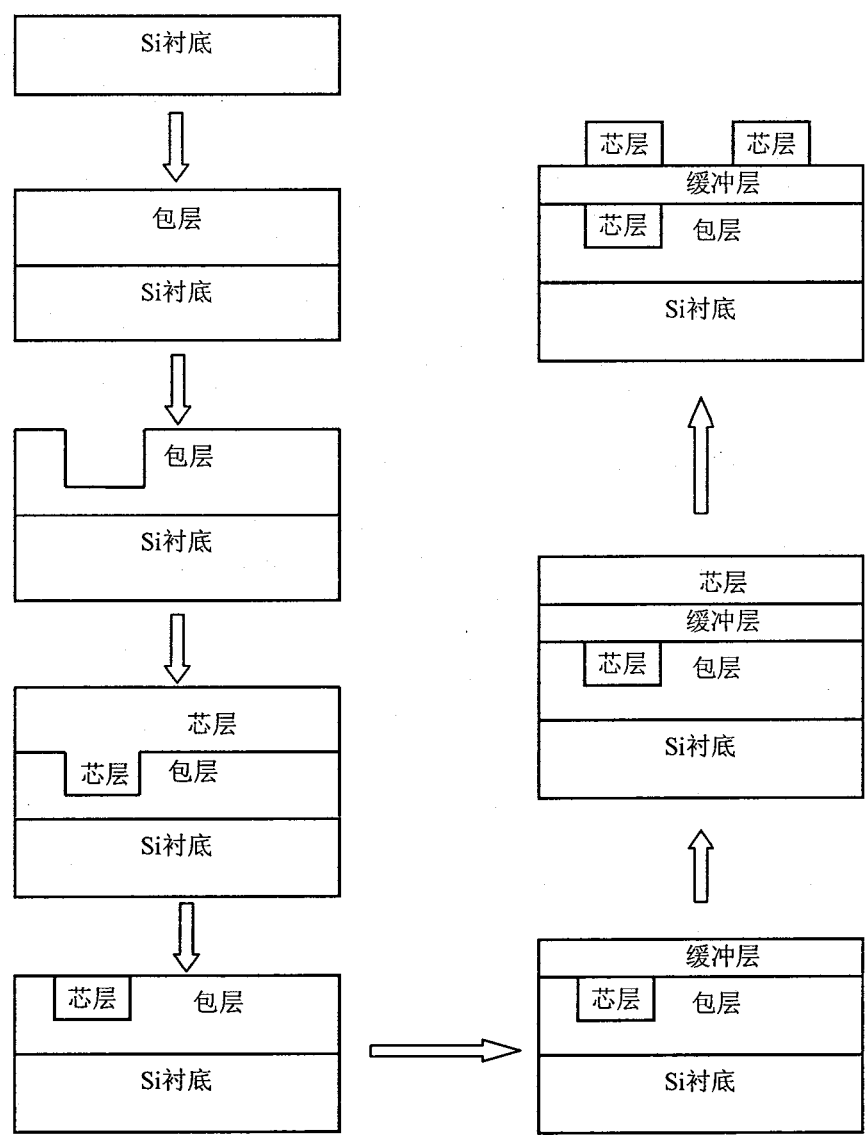


图 1

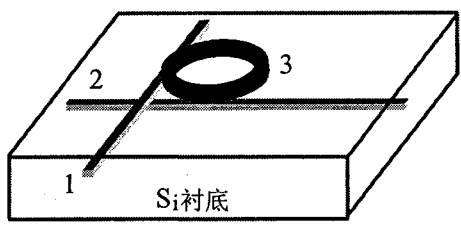


图 2

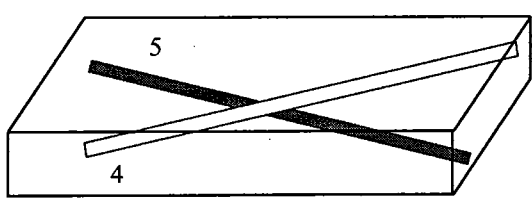


图 3