



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110780381 A

(43)申请公布日 2020.02.11

(21)申请号 201911218413.6

(22)申请日 2019.12.02

(71)申请人 中国科学院半导体研究所

地址 100083 北京市海淀区清华东路甲35号

(72)发明人 牛超群 刘智 成步文

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 吴梦圆

(51)Int.Cl.

G02B 6/10(2006.01)

G02B 6/126(2006.01)

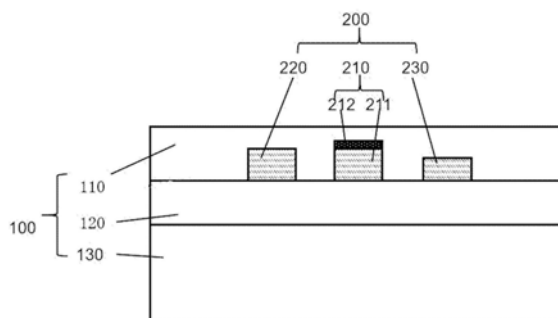
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

非对称三波导结构的偏振分束器及其制备方法

(57)摘要

一种偏振分束器,包括SOI衬底层和波导层,其中,SOI衬底层,包括底部Si材料层和制作在底部Si材料层上的二氧化硅埋层;波导层,制作在所述二氧化硅埋层上方,包括输入波导、TM模式耦合波导和TE模式耦合波导;其中,输入波导包括底层波导和介质盖层;所述波导层通过将TE波和TM波分别限制在TE模式耦合波导和TM模式耦合波导,从而实现对上述输入波导中的不同偏振模式的光进行分离。本发明采用三波导结构的波导层,包括输入波导、TM耦合波导以及TE耦合波导,通过将TE和TM模式分别限制在两侧波导中,从而实现上述输入波导中不同偏振态的分别耦合,消除输入波导残留模式对器件性能的影响。



1. 一种偏振分束器,其特征在于,包括SOI衬底层和波导层,其中,
SOI衬底层,包括底部Si材料层和制作在底部Si材料层上的二氧化硅填充层;
波导层,制作在所述二氧化硅填充层上方,包括输入波导、TM模式耦合波导和TE模式耦合波导;其中,输入波导包括底层波导和介质盖层;所述波导层通过将TE波和TM波分别限制在TE模式耦合波导和TM模式耦合波导,从而实现对所述输入波导中的不同偏振模式的光进行分离。
2. 根据权利要求1所述的偏振分束器,其特征在于,所述输入波导、TM模式耦合波导和TE模式耦合波导是非对称分布的,且呈平行设置,各波导之间留有间距。
3. 根据权利要求1所述的偏振分束器,其特征在于,所述波导层上方形成覆盖层,所述覆盖层的材料为空气或氧化硅;所述波导层的材料为硅或氮化硅。
4. 根据权利要求1所述的偏振分束器,其特征在于,所述TE模式耦合波导的厚度不同于所述TM模式耦合波导和底层波导。
5. 一种如权利要求1-4任一项所述的偏振分束器的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:
通过刻蚀或腐蚀的方法,在所述二氧化硅填充层上方制作形成所述TM模式耦合波导、TE模式耦合波导和底层波导;
采用干法刻蚀或反应离子刻蚀的方法,将所述TE模式耦合波导厚度减小;
采用等离子增强化学反应沉积的方法,在所述底层波导上沉积介质形成介质盖层;
采用化学气相沉积的方法,在所述波导层上沉积介质,形成覆盖层。
6. 根据权利要求5所述的制备方法,其特征在于,所述波导层通过将TE波和TM波分别限制在TE模式耦合波导和TM模式耦合波导,从而实现对所述输入波导中的不同偏振模式的光进行分离。
7. 根据权利要求5所述的制备方法,其特征在于,所述输入波导、TM模式耦合波导和TE模式耦合波导是非对称分布的,且呈平行设置,各波导之间留有间距。
8. 根据权利要求5所述的制备方法,其特征在于,所述TE模式耦合波导的厚度不同于所述TM模式耦合波导和底层波导。
9. 根据权利要求5所述的制备方法,其特征在于,所述波导层的材料为硅或氮化硅。
10. 一种采用如权利要求1-4任一项所述的偏振分束器的光通信设备。

非对称三波导结构的偏振分束器及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光通信领域,尤其涉及一种非对称三波导结构的偏振分束器及其制备方法。

背景技术

[0002] 随着现在“人工智能”、“云计算”、“云存储”等新兴技术的兴起和发展,对数据通讯的速度和容量的要求达到了前所未有的高度。但是随着摩尔定律逐渐突破极限,单纯的微电子技术已经不再满足需求,为了解决这一系列问题,光子电路和光互联逐渐走入人们视野。利用光子集成的光互连网络能够打破传统集成电路的瓶颈,实现超高速率、超低功耗、超大容量的信号传输与处理。

[0003] 基于SOI平台的SiO₂衬底与Si之间大的折射率差能够实现小尺寸、高性能的光学集成器件,但是也正因如此,硅基集成器件有很强的偏振依赖性,在小尺寸器件中这一现象更加明显。由于双折射现象的存在,光学光纤与波导器件耦合时,不稳定且随机的偏振态会引入光学器件中,造成在器件内部不同偏振态间的互扰,因此高性能偏振分集(polarization diversity)方案的提出日加紧迫。偏振分束器(polarization beam splitter)是将TE和TM模式限制在不同层或者不同波导中,从而实现对偏振态的分离。目前主要的偏振分束器结构定向耦合(DC)型,多模干涉仪(MMI)型,平面光栅(plane grating)型,slot波导型,金属表面等离子体(SPP)型等。

[0004] 平面光栅型偏振分束器通过设计合适的周期和占空比来调节波导的耦合情况,实现只一个偏振态的耦合,主要利用光栅的布拉格衍射原理。但是该结构尺寸大,带宽窄并且对结构参数敏感。

[0005] 多模干涉仪型偏振分束器是利用不同模式在多模区的干涉,从而使得在波导的某些位置处会出现输入像的单像和多像,通过选取合适的多模区尺寸可以在输出端得到某一偏振态的镜像,实现 π 的相移,从而将不同偏振态区分开。这一结构设计简单,但是尺寸大,带宽限制敏感。

[0006] 金属表面等离子体型偏振分束器是利用金属介质的沉积增加不同偏振态的色散现象,这一结构通常与slot结构结合,使得不同模式限制在波导不同区域,从而实现偏振态的分离。这一结构性能的提高是以牺牲损耗为代价的。

发明内容

[0007] 有鉴于此,本发明的主要目的在于提供一种非对称三波导结构的偏振分束器及其制备方法,以期至少部分地解决上述技术问题中的至少之一。

[0008] 为了实现上述目的,作为本发明的一方面,提供了一种偏振分束器,包括SOI衬底层和波导层,其中,

[0009] SOI衬底层,包括底部Si材料层和制作在底部Si材料层上的二氧化硅埋埋层;

[0010] 波导层,制作在所述二氧化硅埋埋层上方,包括输入波导、TM模式耦合波导和TE模

式耦合波导；其中，输入波导包括底层波导和介质盖层；所述波导层通过将TE波和TM波分别限制在TE模式耦合波导和TM模式耦合波导，从而实现对上述输入波导中的不同偏振模式的光进行分离。

[0011] 所述输入波导、TM模式耦合波导和TE模式耦合波导是非对称分布的，且呈平行设置，各波导之间留有间距。

[0012] 所述波导层上方形成覆盖层，材料为空气或氧化硅；所述波导层的材料为硅或氮化硅。

[0013] 所述TE模式耦合波导的厚度不同于所述TM模式耦合波导和底层波导。

[0014] 一种采用如上所述的偏振分束器的光通信设备。

[0015] 作为本发明的另一方面，提供了一种偏振分束器的制备方法，包括以下步骤：

[0016] 通过刻蚀或腐蚀的方法，在所述二氧化硅埋层上方制作形成所述TM模式耦合波导、TE模式耦合波导和底层波导；

[0017] 采用干法刻蚀或反应离子刻蚀的方法，将所述TE模式耦合波导厚度减小；

[0018] 采用等离子增强化学反应沉积的方法，在所述底层波导上沉积介质形成介质盖层；

[0019] 采用化学气相沉积的方法，在所述波导层上沉积介质，形成覆盖层。

[0020] 所述波导层通过将TE波和TM波分别限制在TE模式耦合波导和TM模式耦合波导，从而实现对上述输入波导中的不同偏振模式的光进行分离。

[0021] 所述输入波导、TM模式耦合波导和TE模式耦合波导是非对称分布的，且呈平行设置，各波导之间留有间距。

[0022] 所述TE模式耦合波导的厚度不同于所述TM模式耦合波导和底层波导。

[0023] 所述波导层的材料为硅或氮化硅。

[0024] 基于上述技术方案可知，本发明的偏振分束器及其制备方法相对于现有技术至少具有如下有益效果之一：

[0025] (1) 本发明采用三波导结构的波导层，包括输入波导、TM耦合波导以及TE耦合波导，通过将TE和TM模式分别限制在两侧波导中，从而实现对上述输入波导中不同偏振态的分别耦合，消除输入波导残留模式对器件性能的影响。

[0026] (2) 本发明通过设计成三波导分别耦合型的偏振分束器，可以大大提高器件的消光比，增加器件的工作带宽，减小耦合区域长度，具有工艺流程简单，制作难度较低，尺寸小，性能高，工作带宽大等优点。

附图说明

[0027] 图1为本发明的偏振分束器的截面结构示意图；

[0028] 图2为本发明的偏振分束器的俯视结构示意图；

[0029] 图3为本发明的偏振分束器的制备流程图；

[0030] 图4为本发明中入射光波长为1.55 μm ，TM偏振情况下能量分布图；

[0031] 图5为本发明中入射光波长为1.55 μm ，TE偏振情况下能量分布图。

[0032] 上述附图中，附图标记含义如下：

[0033] 100、SOI衬底层； 110、覆盖层； 120、二氧化硅埋层；

- [0034] 130、底部Si材料层；
[0035] 200、波导层； 210、输入波导； 220、TM模式耦合波导；
[0036] 230、TE模式耦合波导；
[0037] 211、底层波导； 212、介质盖层。

具体实施方式

[0038] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白，以下结合具体实施例，并参照附图，对本发明作进一步的详细说明。

[0039] 请参阅图1和图2所示，本发明提供一种非对称三波导结构的偏振分束器，包括：S01衬底层100和波导层200，其中，

[0040] S01衬底层100，包括底部Si材料层130、制作在底部Si材料层上方的二氧化硅埋埋层120和覆盖在所述波导层上方的覆盖层110；

[0041] 波导层200，制作在二氧化硅埋埋层120上方，包括输入波导210、TM模式耦合波导220和TE模式耦合波导230，输入波导210包括底层波导211和介质盖层212；其中，所述波导层200通过将TE波和TM波分别限制在TE模式耦合波导230和TM模式耦合波导220，从而实现所述输入波导210中的不同偏振模式的光进行分离。

[0042] 其中，所述输入波导210、TM模式耦合波导220和TE模式耦合波导230是非对称分布的，且呈平行设置，各波导之间留有间距。所述覆盖层110材料为空气或氧化硅，所述波导层200的材料为硅或氮化硅。所述TE模式耦合波导230的厚度不同于所述TM模式耦合波导220和底层波导。

[0043] 在本实施例中，通过等离子增强化学气相沉积的方式在二氧化硅埋埋层120上选区外延一定厚度的氮化硅盖层，形成介质波导212。波导层200的三根波导尺寸不同，呈相互平行设置，不同波导之间留有相同间距200nm。所述波导层200中波导均为单模波导。

[0044] 请参阅图3，并结合参阅图1和图2，本发明提供一种非对称三波导结构的偏振分束器的制备方法，包括如下步骤：

[0045] 步骤1：采用刻蚀或腐蚀的方法，将所述S01衬底100的顶层硅制作成矩形条，形成所述TM模式耦合波导220、TE模式耦合波导230以及底层波导211。在本发明实施例中，所述二氧化硅埋埋层120的厚度为3 μ m。采用光刻和干法刻蚀的方法刻蚀所述顶层硅，刻蚀深度为350nm，波导宽度不同，输入波导210、TM耦合波导220、TE模式耦合波导宽度分别为300nm、367nm、390nm，波导间隔保持一致200nm，形成条形波导层200。

[0046] 步骤2：采用反应离子刻蚀的方法，将上述波导层200中的TE模式耦合波导230厚度减小。在本发明实施例中，以光刻胶为掩模，暴露出TE模式耦合波导230窗口，通过反应离子刻蚀的方式将TE模式耦合波导230消减至200nm。

[0047] 步骤3：采用等离子增强化学反应沉积 (PECVD) 的方法，在所述底层波导211上沉积介质形成介质盖层212。在本发明实施例中，通过等离子增强化学反应沉积 (PECVD) 的方法，在底层波导211上外延80nm厚的氮化硅介质层212，氮化硅介质层212与底层波导211在长度与宽度上保持一致。

[0048] 在本实施例中，覆盖层110采用空气介质。

[0049] 图4是入射光波长为1.55 μ m，TM偏振情况下能量分布图，TM模式被完全限制在TM耦

合波导220中,因此TM模式几乎没有耦合进入TE耦合波导中,输入波导中的残留能量分布也非常小。TM耦合区域长度8.3 μm 。

[0050] 图5是入射光波长为1.55 μm ,TE偏振情况下能量分布图,TE模式被完全限制在TE耦合波导220中,因此TE模式几乎全部耦合进入TE模式耦合波导中,TM耦合波导和输入波导几乎无能量分布。TM耦合区域长度9.9 μm 。

[0051] 综上所述,本发明实施例提供的非对称三波导结构的偏振分束器,通过控制波导层200包括输入波导210、TM耦合波导220以及TE耦合波导230的尺寸,通过将TM和TE模式分别限制在TM耦合波导220以及TE耦合波导230中,从而实现对输入波导210中不同偏振态的分别耦合,消除输入波导210中残留模式对器件性能的影响。通过设计成三波导分别耦合型的偏振分束器,可以大大提高器件的消光比,增加器件的工作带宽,减小耦合区域长度。具有工艺流程简单,制作难度较低,尺寸小,性能高,工作带宽大等优点。

[0052] 以上所述的具体实施例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

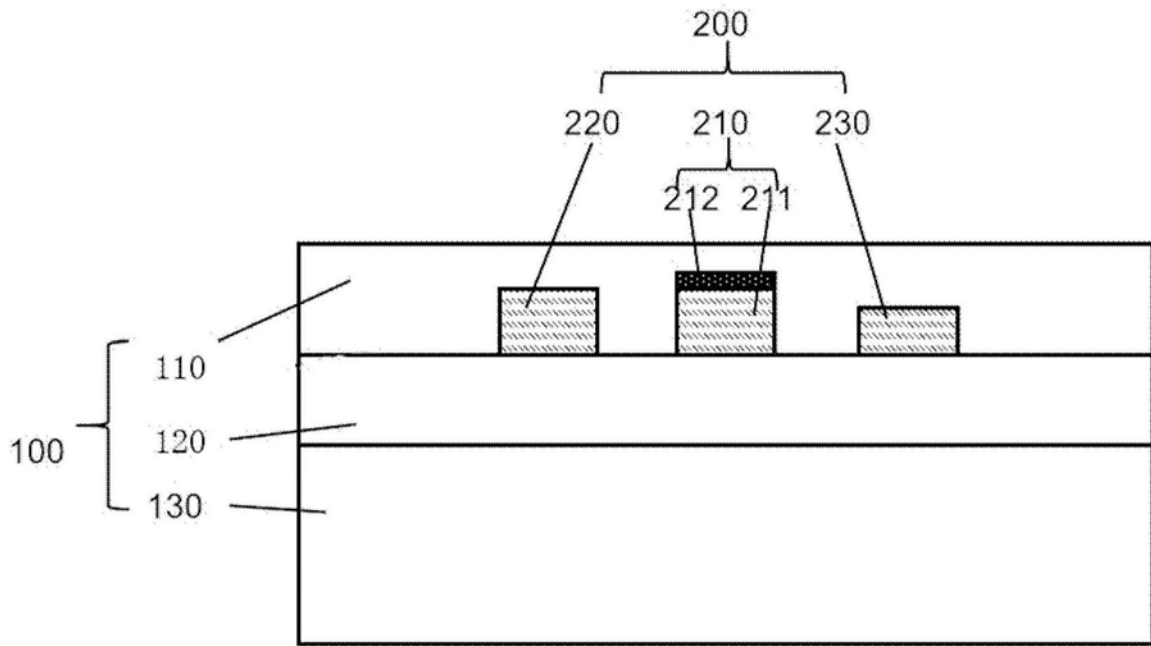


图1

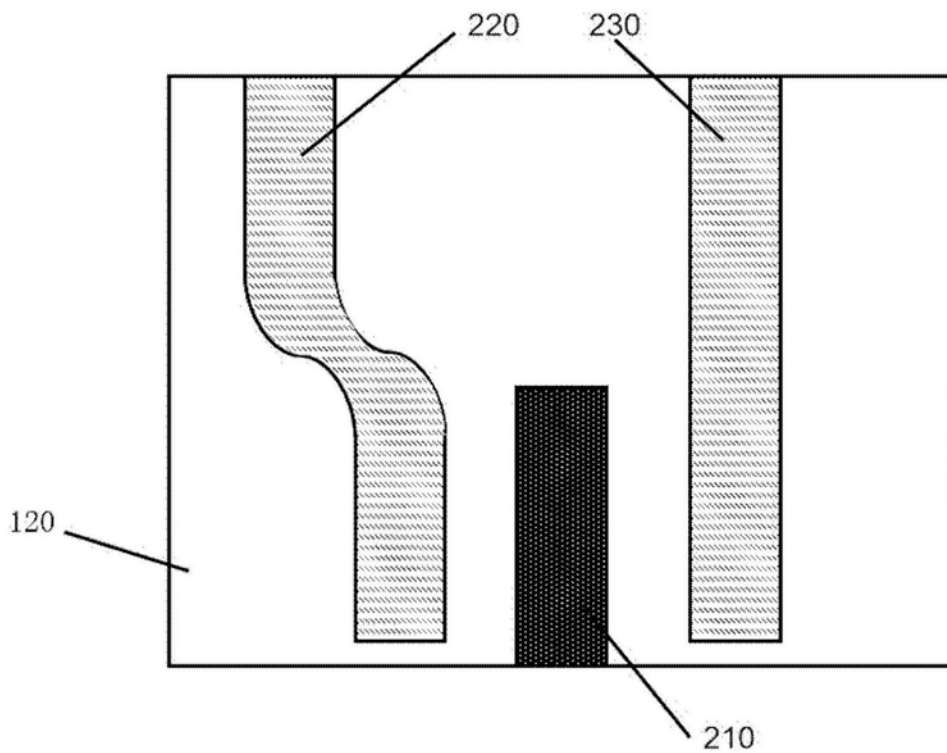


图2

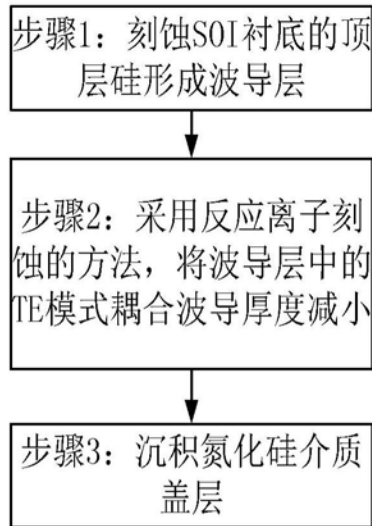


图3

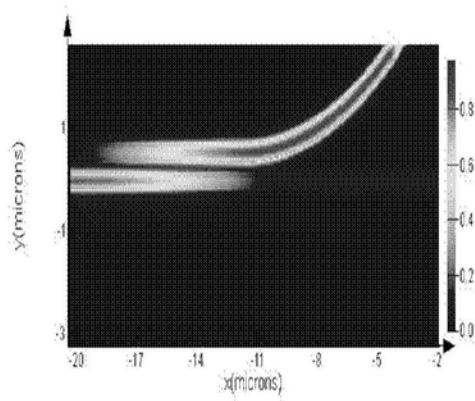


图4

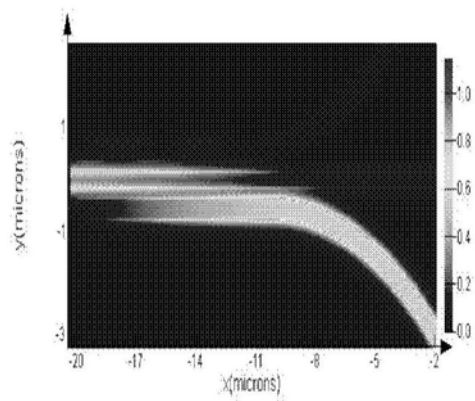


图5