

(12)发明专利



(10) 授权公告号 CN 108333681 B (45) 授权公告日 2023. 10. 13

- (21)申请号 201810306699.2
- (22)申请日 2018.04.08
- (65) 同一申请的已公布的文献号 申请公布号 CN 108333681 A
- (43)申请公布日 2018.07.27
- (73)专利权人 浙江大学 地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘 路866号
- (72)发明人 何建军 郭嘉
- (74) 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公司 33200

专利代理师 林超

(51) Int.Cl. *G02B 6/122* (2006.01)

(54)发明名称

基于部分透射式角反射镜组的片上集成部 分反射器

(57)摘要

本发明公开了一种基于部分透射式角反射 镜组的片上集成部分反射器。包括输入波导、输 出波导以及连接在输入波导和输出波导之间的 部分透射式角反射镜组,部分透射式角反射镜组 由第一反射镜、中心透射区域和第二反射镜组 成,第一反射镜和第二反射镜的反射面朝向输入 波导,组成90度或其它角度的角反射镜;部分透 射式角反射镜组输入端经通过扩束器与输入波 导连接,部分透射式角反射镜组输出端经能量耦 合器与输出波导连接,输入波导和输出波导可取 任意宽度。本发明用于集成光学芯片,可以实现 宽波长范围内的任意透射率和反射率分配。结构 18 简单,损耗低,具有较大的制作容差。 CN 1315664 A,2001.10.03
CN 1493850 A,2004.05.05
CN 1538235 A,2004.10.20
CN 1916675 A,2007.02.21
US 2002041726 A1,2002.04.11

CN 208488564 U,2019.02.12

CN 104570203 A,2015.04.29

CN 107046223 A,2017.08.15

审查员 郭凯

(56)对比文件

权利要求书1页 说明书8页 附图9页



1.一种基于部分透射式角反射镜组的片上集成部分反射器,其特征在于:

包括一条输入波导(101)、一条输出波导(102)以及连接在输入波导(101)和输出波导(102)之间的一个部分透射式角反射镜组(2),部分透射式角反射镜组(2)由第一反射镜(201)、中心透射区域(203)和第二反射镜(202)依次排列组成,第一反射镜(201)和第二反射镜(202)的反射镜(202)分别布置在中心透射区域(203)两侧,第一反射镜(201)和第二反射镜(202)的反射面朝向输入波导(101),两个反射镜将进入部分透射式角反射镜组两侧边缘附近的光经过两次反射后沿原路返回,中心透射区域使中心附近的光直接透过进入输出波导。

2.根据权利要求1所述的一种基于部分透射式角反射镜组的片上集成部分反射器,其 特征在于:所述部分透射式角反射镜组(2)输入端与输入波导(101)相连,输出端与输出波 导(102)相连,输入波导(101)宽度大于输出波导(102)宽度;所述的输入波导(101)宽度和 输出波导(102)宽度的宽度比根据所述片上集成部分反射器所需的透射率和反射率取值; 在宽度比固定时,第一反射镜(201)和第二反射镜(202)的反射角α根据所述片上集成部分 反射器所需的透射率和反射率取值。

3.根据权利要求1所述的一种基于部分透射式角反射镜组的片上集成部分反射器,其 特征在于:所述部分透射式角反射镜组(2)输入端经通过扩束器(3)与输入波导(101)连接, 部分透射式角反射镜组(2)输出端经能量耦合器(4)与输出波导(102)连接,输入波导(101) 和输出波导(102)取任意宽度。

4.根据权利要求3所述的一种基于部分透射式角反射镜组的片上集成部分反射器,其 特征在于:所述能量耦合器(4)采用锥形波导,能实现透射光在中心透射区域(203)和输出 波导(102)之间的耦合。

5.根据权利要求3所述的一种基于部分透射式角反射镜组的片上集成部分反射器,其 特征在于:所述扩束器(3)采用锥形波导,输入端宽度与输入波导(101)的宽度相同,输出端 宽度与部分透射式角反射镜组(2)的输入端宽度相同。

6.根据权利要求3所述的一种基于部分透射式角反射镜组的片上集成部分反射器,其 特征在于:所述扩束器(3)由多模干涉耦合波导结构(301)和波导模斑转换器(302)构成,多 模干涉耦合波导结构(301)的输入端经波导模斑转换器(302)与输入波导(101)连接,波导 模斑转换器(302)采用锥形波导,多模干涉耦合波导结构(301)的输出端与部分透射式角反 射镜组(2)输入端连接,多模干涉耦合波导结构(301)宽度与部分透射式角反射镜组(2)的 输入端宽度相同。

7.根据权利要求3-6任一所述的一种基于部分透射式角反射镜组的片上集成部分反射器,其特征在于:所述第一反射镜(201)和第二反射镜(202)的反射角α为45°。

8.根据权利要求1-6任一所述的一种基于部分透射式角反射镜组的片上集成部分反射器,其特征在于:所述第一反射镜(201)和第二反射镜(202)的反射面均通过深刻蚀形成。

9.根据权利要求1-6任一所述的一种基于部分透射式角反射镜组的片上集成部分反射器,其特征在于:所述片上集成部分反射器的所有器件均采用二氧化硅、绝缘体上硅(SOI)、聚合物或Ⅲ-V族半导体化合物的无源光波导材料制作。

10.根据权利要求1-6任一所述的一种基于部分透射式角反射镜组的片上集成部分反射器,其特征在于:所述片上集成部分反射器的所有器件均采用有源半导体化合物材料制作,并且上面覆盖电极,通过注入电流提供光增益。

基于部分透射式角反射镜组的片上集成部分反射器

技术领域

[0001] 本发明涉及集成光学芯片领域的一种片上集成部分反射器,尤其是涉及一种基于部分透射式角反射镜组的片上集成部分反射器。

背景技术

[0002] 集成光学技术是当今光学发展的前沿技术之一。随着互联网产业的迅猛发展,市场对具有高带宽、高灵活性、低成本的光通信器件的需求日益增长。大规模集成光学芯片(photonic integrated circuit,PIC)技术是满足这一需求的可行方案。通过将有源器件,如激光器、调制器、放大器、探测器,和无源器件,如分路器、衰减器、隔离器、波分复用/解复用器等集成在同一芯片上,集成光学芯片可以在极小的尺寸上提供更高的带宽,同时具有更低的成本和更高的灵活度。对于集成光学领域,片上集成部分反射器是一个连接激光器和其他器件的重要结构,该结构可以将一部分光反射回激光器用于形成谐振腔,同时将另一部分光作为输出光透射进入其他器件。

[0003] 目前在集成光学芯片平台上可用的部分反射器件分为以下几种:一是基于解理平面或深刻蚀平面,二是基于深刻蚀或浅刻蚀的分布式布拉格光栅反射器,三是基于深刻蚀槽。这些器件都有其优点,但也都存在一定的缺陷。

[0004] 基于解理面的部分反射器通过将波导材料解理形成自然反射面,制作最为简单, 通过在解理面上镀膜也可以实现所需的透射率和反射率,但是解理面的形成依赖解理精 度,解理时的误差(一般为10µm左右)会影响激光器的腔长,造成激光器输出模式的不稳定。 深刻蚀平面通过在片上深刻蚀形成类似的反射面,可以有效避免解理产生的误差,所以常 用于分立的激光器作为输出端面。但是这两类部分反射器,其出射光均已经进入空气中,很 难再将其耦合进入芯片上,所以一般不用于集成光学芯片上。

[0005] 基于分布式布拉格光栅 (distributed Bragg reflector,DBR) 的部分反射器也是 一种常用的片上集成部分反射器,如图1所示,这类结构通过沿波导方向制作具有周期性结 构的衍射光栅来实现光反馈,同时出射光仍然可以在片上传输。该周期性结构可以通过浅 刻蚀或深刻蚀形成。浅刻蚀DBR光栅形成的周期性折射率差较小,反射带宽较窄,具有很强 的模式选择性,因此不适用于一些要求宽带反射的结构。深刻蚀DBR光栅可以作为宽带反射 器,且可以做到很小的尺寸 (一般周期为um量级),其结构如图1所示。但是,DBR光栅的制作 需要高精度的光刻,光刻的质量对结构的性能影响极大,制作容差很小。同时,光栅的制作 过程一般不用于其他结构,因此引入了额外的制作过程,增加了制作难度和成本。

[0006] 另一种常用的片上集成部分反射器是通过深刻蚀空气槽实现。通过两个深刻蚀面和中间的空气间隙构成一个复合反射面,由于两个反射面间光的干涉效应,调节槽的宽度可以实现不同的透射率和反射率。但是为了降低衍射损耗,刻蚀槽的宽度不能太大,一般与波长在同一个量级,而过窄的深刻蚀槽的刻蚀质量无法保证,深刻蚀面如果过于粗糙将会引入极大损耗。此外,深刻蚀槽的透射率和反射率对槽的宽度很敏感,在实际制作中难以保证制作精度。同时,对于利用刻蚀槽实现部分反射效果的结构,其透射率和反射率只与深刻

蚀槽的宽度有关,设计时只有一个参数可以改变,局限性较大。

发明内容

[0007] 针对现有技术的不足,本发明的目的在于提供一种基于部分透射式角反射镜组的 片上集成部分反射器。

[0008] 本发明采用的技术方案是:

[0009] 本发明包括一条输入波导、一条输出波导以及连接在输入波导和输出波导之间的 一个部分透射式角反射镜组,部分透射式角反射镜组由第一反射镜、中心透射区域和第二 反射镜依次排列组成,第一反射镜和第二反射镜的反射面朝向输入波导。外部输入光从所 述部分透射式角反射镜组的输入端口进入,一部分最终从输出波导透射,一部分反射回输 入波导。

[0010] 所述部分透射式角反射镜组输入端与输入波导相连,输出端与输出波导相连,输入波导宽度大于输出波导宽度;所述的输入波导宽度和输出波导宽度的宽度比根据所述片上集成部分反射器所需的透射率和反射率取值;在宽度比固定时,第一反射镜和第二反射镜的反射角α根据所述片上集成部分反射器所需的透射率和反射率取值。

[0011] 所述部分透射式角反射镜组输入端经通过扩束器与输入波导连接,部分透射式角 反射镜组输出端经能量耦合器与输出波导连接,输入波导和输出波导取任意宽度。

[0012] 所述能量耦合器采用锥形波导,能实现透射光在中心透射区域和输出波导之间的低损耗耦合。能量耦合器的锥形波导的宽度沿自身长度方向变化,宽度和长度之间可以设置为不同的函数关系。

[0013] 所述扩束器采用锥形波导,输入端宽度与输入波导的宽度相同,输出端宽度与部分透射式角反射镜组的输入端宽度相同。

[0014] 所述扩束器由多模干涉耦合波导结构和波导模斑转换器构成,多模干涉耦合波导结构的输入端经波导模斑转换器与输入波导连接以降低反射损耗,波导模斑转换器采用锥形波导,多模干涉耦合波导结构的输出端与部分透射式角反射镜组输入端连接,多模干涉耦合波导结构宽度与部分透射式角反射镜组的输入端宽度相同。

[0015] 所述第一反射镜和第二反射镜的反射角α为45°,即第一反射镜和第二反射镜的反射面和中心透射区域的传输方向成45°夹角。

[0016] 所述第一反射镜和第二反射镜的反射面均通过深刻蚀形成。

[0017] 所述片上集成部分反射器的所有器件均采用二氧化硅、绝缘体上硅(S0I)、聚合物、Ⅲ-V族半导体化合物等无源光波导材料制作。

[0018] 所述片上集成部分反射器的所有器件均采用有源半导体化合物材料制作,并且上面覆盖电极,通过注入电流提供光增益以弥补器件损耗。

[0019] 本发明技术方案中,所述输入波导和部分透射式角反射镜组输入端口、输出波导和部分透射式角反射组的输出端口的连接主要有以下几种实施方式:

[0020] 第一种实施方式是:所述输入波导和部分透射式角反射镜组输入端口直接连接, 所述输出波导和部分透射式角反射组的输出端口直接连接。输入波导宽度应与部分透射式 角反射镜组的输入端口宽度相同,输出波导宽度应与部分透射式角反射镜组的输出端口宽 度相同。输入波导宽度应大于输出波导。从输入波导进入的入射光,其边缘部分将通过依次

经过两个反射镜反射回输入波导,其中心部分直接进入输出波导。

[0021] 该实施方式的透射率和反射率主要由输入波导宽度和输出波导宽度的比值决定。 该比值越大,透射光所占比值越高,透射率越大,反射率越小。

[0022] 在集成光学芯片上,输入波导宽度和输出波导宽度一般是固定的,在这种情况下,可以通过改变第一反射镜和第二反射镜的反射角度实现不同的透射率和反射率。当两个角度为45°时,该结构具有最低的损耗,减少该角度,透射率增加,反射率减小,但同时损耗会增加。

[0023] 第二种实施方式是:所述输入波导和部分透射式角反射镜组输入端口通过一个扩 束器连接,所述输出波导和部分透射式角反射镜组输出端口通过一个能量耦合器相连。扩 束器和能量耦合器均通过渐变式锥形波导结构实现。所述扩束器输入端口宽度与输入波导 宽度相同,输出端口与部分透射式角反射镜输入端口宽度相同。所述能量耦合器输入端口 与部分透射式角反射镜输出端口宽度相同,输出端口与输出波导宽度相同。

[0024] 从输入波导进入的入射光经扩束器后,其模场大小逐渐增加。扩束后的入射光进入部分透射式角反射镜组后,其边缘部分将依次经过两个反射镜反射回扩束器,并逐渐耦合回输入波导,其中心部分将进入能量耦合器并逐渐耦合进入输出波导。

[0025] 该实施方式中透射率和反射率主要由部分透射式角反射镜组左右两端宽度比决 定,因此,对于任意宽度的输入波导和输出波导,均可以通过设计部分透射式角反射组输入 端和输出端的宽度实现低损耗下任意所需的透射率和反射率分配。在实际设计时,可以二 维扫描部分透射式角反射组输入端和输出端的宽度获得不同的透射率和反射率,因此与背 景技术相比,该实施方式在设计参数选取上有两个自由度,具有更高的灵活性。由于不再需 要改变第一反射镜和第二反射镜的反射角度以实现不同的透射率和反射率,本实施方式中 将该角度固定为45°以获得最低损耗。

[0026] 第三种实施方式是:所述输入波导和部分透射式角反射镜组输入端口通过一个扩 束器连接,所述输出波导和部分透射式角反射镜组输出端口通过一个能量耦合器相连。所 述扩束器通过一个带有波导模斑转换器的多模干涉耦合波导实现。所述扩束器输入端口宽 度与输入波导宽度相同,输出端口宽度与部分透射式角反射镜输入端口相同。所述能量耦 合器输入端口与部分透射式角反射镜输出端口宽度相同,输出端口与输出波导宽度相同。

[0027] 通过多模干涉耦合波导将从输入波导传输来的光束扩宽并分成三部分,其中两侧的部分将依次经过两个反射镜反射回扩束器,并逐渐耦合回输入波导,中心部分将进入能量耦合器并逐渐耦合进入输出波导。根据光学可逆性,上下两部分反射光将再次在输入波导附近集中,但由于中心部分能量的缺失,其模式与输入波导不再匹配,为了降低损耗,最好在多模干涉耦合波导和输入波导之间加入一个模斑转换器。

[0028] 本发明实施方式中透射率和反射率主要以下两部分决定,一是部分透射式角反射 镜组左右两端宽度比,二是多模干涉耦合波导的长度和宽度。因此,对于任意宽度的输入波 导和输出波导,均可以通过设计部分透射式角反射组、扩束器和能量耦合器的尺寸实现低 损耗下任意所需的透射率和反射率分配。与第二种实施方式相比,该实施方式在设计参数 的选取上又增加了一个自由度,即可以改变多模干涉耦合波导长度和部分透射式角反射镜 组左右两端宽度这三个参数以获得精确的透射率和反射率。同时,对于该实施方式,到达部 分透射式角反射镜组输入端的扩束光的上下两部分能量集中在反射镜中心附近,对于反射

镜制作精度要求进一步降低。此外,由于不再需要改变第一反射镜和第二反射镜的反射角度以实现不同的透射率和反射率,本实施方式中该角度固定为45°以获得最低损耗。

[0029] 本发明结构如图2所示,相对于现有片上集成部分反射器通过刻蚀形成窄槽来实现部分反射和部分透射的功能的方式,不需要通过高精度的工艺刻蚀成槽,避免了如图1所示的现有结构的弊端,降低了工艺的难度,具有更多的设计参数选取自由度,且对波长不敏感。

[0030] 本发明与背景技术相比,具有的有益效果是:

[0031] 1、结构简单,容易和其他器件集成。

[0032] 2、工艺上仅需要深浅两步刻蚀,不需要额外的工艺,可用于所有的集成光学芯片平台。

[0033] 3、其设计参数的选取具有更多的自由度,可以获得低损耗下任意所需的透射率和 反射率分配。

[0034] 4、对波长不敏感,在宽光谱范围内透射率和反射率波动很小。

[0035] 5、制作容差大,对光刻及刻蚀的精度要求低。

附图说明

[0036] 图1是背景技术中基于深刻蚀分布式布拉格光栅(distributed Bragg reflector,DBR)的片上集成部分反射器的三维结构示意图。

[0037] 图2是本发明第三个实施例的三维结构示意图。

[0038] 图3是本发明第一个实施例的平面结构示意图。

[0039] 图4是本发明第一个实施例透射率和反射率随波长的变化关系图。

[0040] 图5是本发明第一个实施例透射率和反射率随输入波导和输出波导宽度比的变化 关系图

[0041] 图6是本发明第一个实施例透射率和反射率随两个反射镜反射角度的变化关系图。

[0042] 图7是本发明第二个实施例的平面结构示意图。

[0043] 图8是本发明第二个实施例透射率和反射率在不同部分透射式角反射镜组输出端 口宽度下随输入端口宽度的变化示意图。

[0044] 图9是本发明第三个实施例的平面结构示意图。

[0045] 图10是本发明第二个实施例和第三个实施例输入光在部分透射式角反射镜组输入端口处能量分布的对比图。

[0046] 图11是本发明第三个实施例透射率和反射率在不同部分透射式角反射镜组输出 端口宽度下随输入端口宽度的变化示意图。

[0047] 图12是本发明第三个实施例透射率和反射率随多模干涉耦合波导长度的变化关系图。

[0048] 图13是本发明第三个实施例透射率和反射率随制作误差的变化关系图。

[0049] 图14是背景技术中基于深刻蚀槽的片上集成部分反射器透射率和反射率随制作 误差的变化关系图。

[0050] 图中:输入波导101、输出波导102、部分透射式角反射镜组2、第一反射镜201、第二

反射镜202、中心透射区域203、扩束器3、多模干涉耦合波导结构301、波导模斑转换器302、 能量耦合器4。

具体实施方式

[0051] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0052] 如图3所示,本发明的具体结构应至少包括一条输入波导101、一条输出波导102以 及连接在输入波导101和输出波导102之间的一个部分透射式角反射镜组2,一条输入波导 101,用于导入输入光和接收反射光;一条输出波导102,用于接收透射光;一个部分透射式 角反射镜组2,用于实现部分光的透射和部分光的反射。

[0053] 部分透射式角反射镜组2由第一反射镜201、中心透射区域203和第二反射镜202依 次排列组成,第一反射镜201和第二反射镜202分别布置在中心透射区域203两侧,第一反射 镜201和第二反射镜202的反射面朝向输入波导101,两个反射镜将进入部分透射式角反射 镜组两侧边缘附近的光经过两次反射后沿原路返回,中心透射区域可以使中心附近的光直 接透过进入输出波导,以此实现了部分光反射回输入波导,部分光透射入输出波导的效果。 [0054] 为了提高器件设计和应用的灵活性,在输入波导101和部分透射式角反射镜组2之 间加入扩束器3,在部分透射式角反射镜组2和输出波导102之间加入能量耦合器4。能量耦 合器4可以通过一个渐变波导宽度的锥形波导结构实现。在一个实施例中,扩束器3通过锥 形波导实现。在另一个实施例中,扩束器3通过多模干涉耦合波导结构301和波导模斑转换 器302实现。

[0055] 在实际制作中,输入波导101、输出波导102、扩束器3、多模干涉耦合波导结构301、 波导模斑转换器302、能量耦合器4均可以通过浅刻蚀工艺实现。第一反射镜201、第二反射 镜202可以通过一次深刻蚀工艺过程形成的空气反射面实现。优选地,为了获得最低的损 耗,第一反射镜201、第二反射镜202的反射角度应为45°。

[0056] 本发明实施原理如下:

[0057] 对于平面光波导,其允许的模式是分立且有限的,在实际设计中,一般让光波导只 允许一个模式(即基模)传输。对于对称结构的光波导,其基模也为对称分布,可以用高斯场 来近似描述,即波导中心部分能量最强,从中心往外能量逐渐缩减。

[0058] 为了实现将入射光的一部分反射,一部分透射,一个简单的方法是将波导两边区 域直接做成深刻蚀面将位于波导边缘的光反射回原波导,而中心部分的光继续向前传播。 但是,根据菲涅尔公式,从折射率为n的材料中垂直入射到空气面的光,反射率R=(n-1)²/ (n+1)²,对于常用的光波导材料,如硅、二氧化硅、III-V族半导体化合物,该反射率均较小 (<30%),大部分光都进入到空气中,这样就引入了极大的损耗。一种解决方式是在材料表 面镀高反膜,但是这样就会引入额外的工艺,增加了结构制作的难度,而且镀膜的过程同样 存在很大的误差。

[0059] 另一种有效降低反射的方法是利用光的全发射原理,即当光由光密介质(即光在 此介质中的折射率大的)射到光疏介质(即光在此介质中折射率小的)的界面时,如果入射 角大于临界角,光将会全部被反射回原介质内。在空间光学中,常使用全反射棱镜实现光路 的偏折,对于界面为等腰直角三角形的棱镜,当光垂直于底边入射时,经过两次全反射,全 部光将沿原路返回。

[0060] 本发明将同样的理念应用在集成光学芯片上,不同之处在于,由于在平面光波导中,光场的能量分布在一定范围内,因此可以通过加入一个中心透射区域,和上下两个反射镜组成部分透射式角反射镜组,使得一部分光从中心区域透射,在边缘的光经过两次全反射反射回原波导,这样就实现了部分反射器的功能。

[0061] 对于折射率为n的材料,其与空气交界面的全反射临界角为C=arcsin(1/n),本发明中,只要反射镜的反射角大于此临界角,均可以实现入射光的无损耗部分反射。

[0062] 在实际应用中,一般要求反射光反射回输入波导,所以两个反射镜最好为45度反射镜,这样可以实现入射光的180°偏转,具有最低的损耗。但是在入射波导和出射波导宽度固定的情况下,只能通过改变反射镜的角度来改变透射率和反射率,但这样会引入一定损耗。

[0063] 为了增加结构设计的灵活性,可以在输入波导和部分透射式角反射镜组之间加入 扩束器,在部分透射式角反射镜组和输出波导之间加入能量耦合器。扩束器可以将入射光 的模场展宽,展宽后的模场其中间部分通过中心透射区域透射,透射光再通过能量耦合器 进入出射波导。这样,部分透射式角反射镜组左右两端宽度可以在合理区间内任意设置,以 实现不同的透射率和反射率。同时反射镜的反射角度不需要变化,可以固定为45°。

[0064] 能量耦合器可以通过锥形渐变波导实现,锥形渐变波导是一段宽度随长度逐渐变化的波导,光在锥形渐变波导传输的过程中,其模式会随着波导宽度的变化逐渐变化且损耗很低,这样,锥形渐变波导可以实现不同宽度光波导间的能量耦合。基于同样的原理,锥形渐变波导也可以作为扩束器使用。在实际应用中,根据不同需求,锥形波导宽度随长度变化可取不同函数类型,如线性、指数型、抛物线型、高斯型等。

[0065] 另一种扩束器的实现方式是基于多模干涉耦合波导,光束经过多模波导,由于多 个导模之间的互相干涉,沿着波导的传播方向,在周期性的间隔处会出现输入场的一个或 多个复制的映像。多模干涉耦合波导一般作为分束器使用,但实际上也可以实现将入射光 模式扩束的效果,在一定长度范围内,多模干涉耦合波导可以将入射光分为三部分,且三部 分的分配比例和多模干涉耦合波导的长度和宽度有关,这样在部分透射式角反射镜组左右 两端宽度之外,多模干涉耦合波导又增加了一个参数可以控制器件的透射率和反射率,进 一步增加了设计的灵活性。

[0066] 本发明具体实施例如下:

[0067] 实施例1

[0068] 如图3所示,片上集成部分反射器包括一条输入波导101、一个透射式角反射镜组2 和一条输出波导102。其中部分透射式角反射镜组2由第一反射镜201、中心透射区域203和 第二反射镜202依次排列组成,第一反射镜201和第二反射镜202的反射面朝向输入波导 101,部分透射式角反射镜组2输入端与输入波导101相连,输出端与输出波导102相连,输入 波导101宽度大于输出波导102宽度;部分透射式角反射镜组2的输入端宽度与输入波导101 相同,输出端宽度与输出波导102相同。

[0069] 从输入波导进入的入射光,其上下两部分在部分透射式角反射镜组内经过两次全 反射反射回输入波导,其中间部分经过中心透射区域进入输出波导。两个反射镜将进入部 分透射式角反射镜组两侧边缘附近的光经过两次反射后沿原路返回,中心透射区域可以使 中心附近的光直接透过进入输出波导,以此实现了部分光反射回输入波导,部分光透射入

输出波导的效果。

[0070] 部分透射式角反射镜组具有完全的波长不敏感性,不同波长下其透射率和反射率的变化如图4所示,在300nm波长范围内,其透射率和反射率变化均小于0.05。

[0071] 在要求损耗最低的情况下,第一反射镜201和第二反射镜202的反射角均设计为 45°。此时可以改变输入波导和输出波导的宽度比来获得不同的透射率和反射率分配。图5 为透射率和反射率随输入波导和输出波导宽度比的变化关系图,随着宽度比增加,透射率 减小,反射率增加,透射率和反射率在大范围内可调,同时损耗也略有增加,但最大损耗仍 小于30%。

[0072] 在固定输入波导和输出波导宽度的情况下,可以通过改变第一反射镜201和第二 反射镜202的反射角度来获得不同的透射率和反射率。图6为透射率和反射率随该反射角度 的变化关系图。当反射角度偏离45°时,透射率略有增加,反射率大幅下降。该方式可以调节 的透射率和反射率范围有限,且会引入大量的损耗。

[0073] 实施例2

[0074] 如图7所示,片上集成部分反射器包括一条输入波导101、一个部分透射式角反射 镜组2、一条输出波导102、一个扩束器3和一个能量耦合器4。其中部分透射式角反射镜组2 由第一反射镜201、中心透射区域203和第二反射镜202从上到下排列组成,扩束器3和能量 耦合器4均为锥形波导结构。

[0075] 从设计上的简化考虑,本实施例中锥形波导结构均采用波导宽度随波导长度线性变化的形式。扩束器3输入端与输入波导101宽度相同,输出端与部分透射式角反射镜组2的输入端宽度相同,能量耦合器4输入端与部分透射式角反射镜组2的输出端宽度相同,输出端与输出波导宽度相同。从输入波导进入的入射光,经扩束器扩束后,其上下两部分在部分透射式角反射镜组内如同实施例1经过两次全反射反射回输入波导,其中间部分经过中心透射区域进入输出波导。

[0076] 该实施例的波长不敏感性与实施例1相同,但是透射率和反射率不再由入射波导 和出射波导宽度决定,而是取决于部分透射式角反射组左右两端宽度。为了获得最低损耗, 反射镜的反射角度固定为45°。图8为固定输入波导和输出波导宽度下,透射率和反射率在 不同部分透射式角反射镜组输入端口宽度下随输出端口宽度的变化示意图。因此,该实施 例在设计时有两个尺寸的参数可以变化,二维扫描这两个参数可以获得任意所需的透射率 和反射率,且该实施例损耗更小,最大损耗小于0.15,最低损耗小于0.05。

[0077] 实施例3

[0078] 如图9所示,片上集成部分反射器包括一条输入波导101、一个部分透射式角反射 镜组2、一条输出波导102、一个扩束器3和一个能量耦合器4。其中部分透射式角反射镜组2 由第一反射镜201,中心透射区域203和第二反射镜202依次连接组成,能量耦合器4为锥形 波导结构,扩束器3由多模干涉耦合波导结构301和波导模斑转换器302组成。扩束器3输入 端与输入波导101宽度相同,输出端与部分透射式角反射镜组2的输入端宽度相同,能量耦 合器4输入端与部分透射式角反射镜组2的输出端宽度相同,输出端与输出波导宽度相同。 从输入波导进入的入射光,经扩束器扩束后,其上下两部分在部分透射式角反射镜组内如 同实施例1经过两次全反射反射回输入波导,其中间部分经过中心透射区域进入输出波导。 [0079] 与实施例1相同,该实施例同样具有波长不敏感性。与实施例2相同,透射率和反射

率同样取决于部分透射式角反射组左右两端宽度。为了获得最低损耗,反射镜的反射角度 固定为45°。但是其扩束器的扩束效果与实施例2不同,图10为同样长度下实施例2与实施例 3扩束器输出端光场能量分布图,对于实施例2,其光场仍近似为高斯型,而实施例3的光场 分为三部分。这样其上下两部分光的能量基本位于反射镜中心,反射损耗受刻蚀质量的影 响更小。此外,对于多模干涉耦合波导,其扩束效果还与波导长度有关,图11是透射率和反 射率在不同部分透射式角反射镜组输出端口宽度下随输入端口宽度的变化示意图。图12是 透射率和反射率随多模干涉耦合波导长度的变化关系图。因此在设计时,该实施例有三个 参数可以扫描:多模干涉耦合波导长度和部分透射式角反射组左右两端宽度,该实施例在 设计上具有最多的自由度,可以在获得所需透射率和反射率的同时选取具有最低损耗的参 数。

[0080] 与背景技术中的深刻蚀槽相比,本发明的另一个优势在于具有更高的制作容差。 在制作中主要的误差来自于深刻蚀过程中刻蚀位置的误差,图13为本发明实施例3中透射 率和反射率随制作误差的变化关系图。图14为背景技术中基于深刻蚀槽的片上集成部分反 射器的透射率和反射率随深刻蚀的刻蚀位置制作误差的变化关系图。与背景技术相比,本 发明在制作容差上具有极大优势,刻蚀位置偏差1um,透射率和反射率几乎没有变化,而这 一误差在实际制作时很容易控制。

[0081] 以上措施为描述性质的,任何与其精神相似的方案都属于专利的保护范围。









图3



图4





图6





图8





图10





图12



图13



图14