



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111025474 B

(45) 授权公告日 2020.12.08

(21) 申请号 201911072027.0

(22) 申请日 2019.11.05

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111025474 A

(43) 申请公布日 2020.04.17

(73) 专利权人 浙江大学  
地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路  
38号

(72) 发明人 时尧成 刘卫喜 张健豪

(74) 专利代理机构 杭州君度专利代理事务所  
(特殊普通合伙) 33240  
代理人 杨舟涛

(51) Int. Cl.  
G02B 6/14 (2006.01)  
G02B 6/12 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 209417341 U, 2019.09.20

CN 207780304 U, 2018.08.28

审查员 张力舟

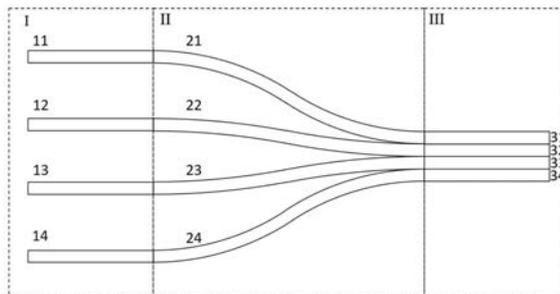
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

## (54) 发明名称

一种基于折射率调控的覆盖SU-8包层的硅波导模式耦合器

## (57) 摘要

本发明提供一种基于折射率调控的覆盖SU-8包层的硅波导模式耦合器。本发明硅波导模式耦合器包括第一级模式转换器和第二级模式转换器，第一级模式转换器包括第一覆盖SU-8包层的波导阵列(I)，单模光纤与第一级模式转换器中的波导阵列在空气中对接，第二级模式转换器包括第二覆盖SU-8包层的波导阵列(II)和第三覆盖SU-8包层的波导阵列(III)，所述的覆盖SU-8包层的波导阵列均由覆盖同样厚度SU-8的四根硅纳米线波导。本发明提出的SU-8包层的间隔渐变的硅波导阵列的端面耦合器具有工艺简单、耦合效率高、能与标准单模光纤匹配的特点，满足光通信、集成光学等领域的实际需求。



1. 一种基于折射率调控的覆盖SU-8包层的硅波导模式耦合器,其特征在于,包括第一级模式转换器和第二级模式转换器;

所述的第一级模式转换器包括第一覆盖SU-8包层的波导阵列(I);单模光纤与第一覆盖SU-8包层的波导阵列(I)中的覆盖SU-8包层的第一条形波导(11)、第二条形波导(12)、第三条形波导(13)、第四条形波导(14)在空气中对接;所述的第二级模式转换器包括第二覆盖SU-8包层的波导阵列(II)和第三覆盖SU-8包层的波导阵列(III),所述的第二覆盖SU-8包层的波导阵列(II)中的覆盖SU-8包层的第一S型条形波导(21)、第二S型条形波导(22)、第三S型条形波导(23)和第四S型条形波导(24)分别与第一覆盖SU-8包层的波导阵列(I)中的覆盖SU-8包层的第一条形波导(11)、第二条形波导(12)、第三条形波导(13)和第四条形波导(14)连接;所述的S型条形波导由两个同样半径的圆弧拼接组成;所述的第三覆盖SU-8包层的波导阵列(III)中的覆盖SU-8包层的第五条形波导(31)、第六条形波导(32)、第七条形波导(33)和第八条形波导(34)分别连接第二覆盖SU-8包层的波导阵列(II)中的覆盖SU-8包层的第一S型条形波导(21)、第二S型条形波导(22)、第三S型条形波导(23)和第四S型条形波导(24);

宽带的信号光由覆盖SU-8包层的波导阵列(I)耦合输入并稳定成为初步转化的混合SU-8硅波导阵列模式,初步转化的混合SU-8硅波导阵列模式经过覆盖SU-8包层的波导阵列(II)的折射率调控,混合模式光场能量逐步转移到硅中,实现对光场的压缩,覆盖SU-8包层的阵列(III)作为波导阵列到硅条形波导的过渡波导起到稳定模式的作用。

2. 根据权利要求1所述的一种基于折射率调控的覆盖SU-8包层的硅波导模式耦合器,其特征在于,所述的波导采用基于硅绝缘体(Silicon on Insulator, SOI)材料的硅纳米线波导,其芯层为硅材料,厚度为220nm,折射率为3.478;下包层为厚度3 $\mu$ m的二氧化硅绝缘层,折射率为1.444;上包层为厚度9 $\mu$ m的SU-8有机物层,折射率为1.574,所有波导宽度均为125nm,耦合器输入TM模式的高斯光束。

## 一种基于折射率调控的覆盖SU-8包层的硅波导模式耦合器

### 技术领域

[0001] 本发明属于光通信领域,具体涉及一种基于折射率调控的覆盖SU-8包层的硅波导模式耦合器。

### 背景技术

[0002] 随着集成光芯片中无源光子器件的迅速发展以及测试封装的需要,稳定的光源接入方法显得尤为重要。光栅耦合(Grating Coupling)和端面耦合(Butt Coupling)作为两种重要的外接光源的方式,提供稳定可靠的光源到片上器件的连接。利用光栅耦合器可以有效地将面外光源耦合入波导内,对准容差较大。然而,高效的光栅耦合器通常制作工艺较为复杂并且带宽受限,此外,垂直耦合的方式不利于器件的封装。端面耦合器是一种面内的耦合器。相比于光栅耦合器,大部分的端面耦合器拥有更大的带宽,更好的偏振不敏感(Polarization insensitivity)特性以及更低的耦合损耗。

[0003] 目前常见的端面耦合器包括倒锥形耦合器(Inverse Taper Coupler)、亚波长光栅型折射率调控耦合器(Subwavelength-Grating Refractive-index-engineering Coupler)。倒锥形耦合器作为直接传统的解决方案,已经被大量用于光纤和片上波导连接系统中。然而,这类耦合器加工精度要求高,制作复杂,成本较高。基于亚波长光栅型折射率调控耦合器具有小的结构尺寸,低的耦合损耗,较好的偏振不敏感特性以及宽带的工作带宽。然而,这类折射率调控器件因为耦合的模斑尺寸太小,无法与标准的1550nm波段的单模光纤对接。我们提出的这种全新的基于波导阵列(Arrayed Waveguides)的折射率调控器件极大地简化了工艺复杂度,能够有效地跟单模光纤对接。

### 发明内容

[0004] 针对现有技术中存在的问题,本发明提供一种基于折射率调控的覆盖SU-8包层的硅波导模式耦合器。本发明耦合器利用波导阵列和不刻蚀的SU-8上包层实现折射率调控,进而实现与标准单模光纤高效的对接并且极大地简化了工艺的复杂度。

[0005] 一种基于折射率调控的覆盖SU-8包层的硅波导模式耦合器、。

[0006] 所述的第一级模式转换器包括第一覆盖SU-8包层的波导阵列(I)。单模光纤与第一覆盖SU-8包层的波导阵列(I)中的覆盖SU-8包层的第一条形波导(11)、第二条形波导(12)、第三条形波导(13)、第四条形波导(14)在空气中对接。所述的第二级模式转换器包括第二覆盖SU-8包层的波导阵列(II)和第三覆盖SU-8包层的波导阵列(III),所述的第二覆盖SU-8包层的波导阵列(II)中的覆盖SU-8包层的第一S型条形波导(21)、第二S型条形波导(22)、第三S型条形波导(23)和第四S型条形波导(24)分别与第一覆盖SU-8包层的波导阵列(I)中的覆盖SU-8包层的第一条形波导(11)、第二条形波导(12)、第三条形波导(13)和第四条形波导(14)连接。所述的S型条形波导由两个同样半径的圆弧拼接组成。所述的第三覆盖SU-8包层的波导阵列(III)中的覆盖SU-8包层的第五条形波导(31)、第六条形波导(32)、第七条形波导(33)和第八条形波导(34)分别连接第二覆盖SU-8包层的波导阵列(II)中的覆

盖SU-8包层的第一S型条形波导(21)、第二S型条形波导(22)、第三S型条形波导(23)和第四S型条形波导(24)。

[0007] 宽带的信号光由覆盖SU-8包层的波导阵列(I)耦合输入并稳定成为初步转化的混合SU-8硅波导阵列模式,初步转化的混合SU-8硅波导阵列模式经过覆盖SU-8包层的波导阵列(II)的折射率调控,混合模式光场能量逐步转移到硅中,实现对光场的压缩,覆盖SU-8包层的阵列(III)作为波导阵列到硅条形波导的过渡波导起到稳定模式的作用。

[0008] 所述的波导采用基于硅绝缘体(Silicon on Insulator,SOI)材料的硅纳米线波导,其芯层为硅材料,厚度为220nm,折射率为3.478;下包层为厚度3 $\mu$ m的二氧化硅绝缘层,折射率为1.444;上包层为厚度9 $\mu$ m的SU-8有机物层,折射率为1.574,所有波导宽度均为125nm,耦合器输入TM模式的高斯光束。

[0009] 本发明有益效果如下:

[0010] (1) 基于覆盖SU-8包层的S型条形波导的波导阵列可以实现连续的折射率调控,从而保证了耦合器高效的模式转换效率。

[0011] (2) 利用覆盖SU-8包层的波导阵列作为耦合端面,保证了耦合器高的耦合效率。

[0012] (3) 利用不刻蚀的SU-8作为波导阵列的上包层,避免了套刻工艺的对准问题,极大地简化了器件制作的复杂程度。

[0013] (4) 利用厚的SU-8作为上包层,实现耦合器与标准单模光纤的对接。

## 附图说明

[0014] 图1为本发明硅波导模式耦合器的结构示意图;

[0015] 图2为本发明端面耦合器的横截面示意图;

[0016] 图3为本发明耦合器仿真的耦合损耗。

[0017] 图中:I、第一覆盖SU-8包层的波导阵列,II第二覆盖SU-8包层的波导阵列,III、第三覆盖SU-8包层的波导阵列,11、第一条形波导,12、第二条形波导,13、第三条形波导,14、第四条形波导,21、第一S型条形波导,22、第二S型条形波导,23、第三S型条形波导,24、第四S型条形波导,31、第五条形波导,32、第六条形波导,33、第期条形波导,34、第八条形波导。

## 具体实施方式

[0018] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0019] 如图1所示,本发明的硅波导模式耦合器包括第一级模式转换器和第二级模式转换器。

[0020] 第一级模式转换器包括第一覆盖SU-8包层的波导阵列(I)。单模光纤与第一覆盖SU-8包层的波导阵列(I)中的覆盖SU-8包层的第一条形波导(11)、第二条形波导(12)、第三条形波导(13)、第四条形波导(14)在空气中对接。第二级模式转换器包括第二覆盖SU-8包层的波导阵列(II)和第三覆盖SU-8包层的波导阵列(III),所述的第二覆盖SU-8包层的波导阵列(II)中的覆盖SU-8包层的第一S型条形波导(21)、第二S型条形波导(22)、第三S型条形波导(23)和第四S型条形波导(24)分别与第一覆盖SU-8包层的波导阵列(I)中的覆盖SU-8包层的第一条形波导(11)、第二条形波导(12)、第三条形波导(13)和第四条形波导(14)连接。S型条形波导由两个同样半径的圆弧拼接组成。第三覆盖SU-8包层的波导阵列(III)中

的覆盖SU-8包层的第五条形波导(31)、第六条形波导(32)、第七条形波导(33)和第八条形波导(34)分别连接第二覆盖SU-8包层的波导阵列(II)中的覆盖SU-8包层的第一S型条形波导(21)、第二S型条形波导(22)、第三S型条形波导(23)和第四S型条形波导(24)。

[0021] 宽带的信号光由覆盖SU-8包层的波导阵列(I)耦合输入并稳定成为初步转化的混合SU-8硅波导阵列模式,初步转化的混合SU-8硅波导阵列模式经过覆盖SU-8包层的波导阵列(II)的折射率调控,混合模式光场能量逐步转移到硅中,实现对光场的压缩,覆盖SU-8包层的阵列(III)作为波导阵列到硅条形波导的过渡波导起到稳定模式的作用。

[0022] 实施例中

[0023] 波导采用基于硅绝缘体(Silicon on Insulator, SOI)材料的硅纳米线波导,其芯层为硅材料,厚度为220nm,折射率为3.478;下包层为厚度3 $\mu\text{m}$ 的二氧化硅绝缘层,折射率为1.444;上包层为厚度9 $\mu\text{m}$ 的SU-8有机物层,折射率为1.574。所有波导宽度均为125nm,耦合器输入TM模式的高斯光束。

[0024] 覆盖SU-8包层的波导阵列I中的四根硅纳米线波导11、12、13、14的间隔均保持在1.2 $\mu\text{m}$ 。覆盖SU-8包层的波导阵列II中S型硅纳米线波导21、24中两段圆弧半径均为200000.45 $\mu\text{m}$ ,圆弧张角均为0.17度,曲率相反,硅纳米线22、23中两段圆弧半径均为600000.15 $\mu\text{m}$ ,圆弧角度均为0.057度,曲率相反。覆盖SU-8包层的波导阵列III中的四根硅纳米线波导31、32、33、34的间隔均保持在0 $\mu\text{m}$ 。

[0025] 上述实施例用来解释说明本发明,而不是对本发明进行限制,在本发明的精神和权利要求的保护范围内,对本发明作出的任何修改和改变,都落入本发明的保护范围。

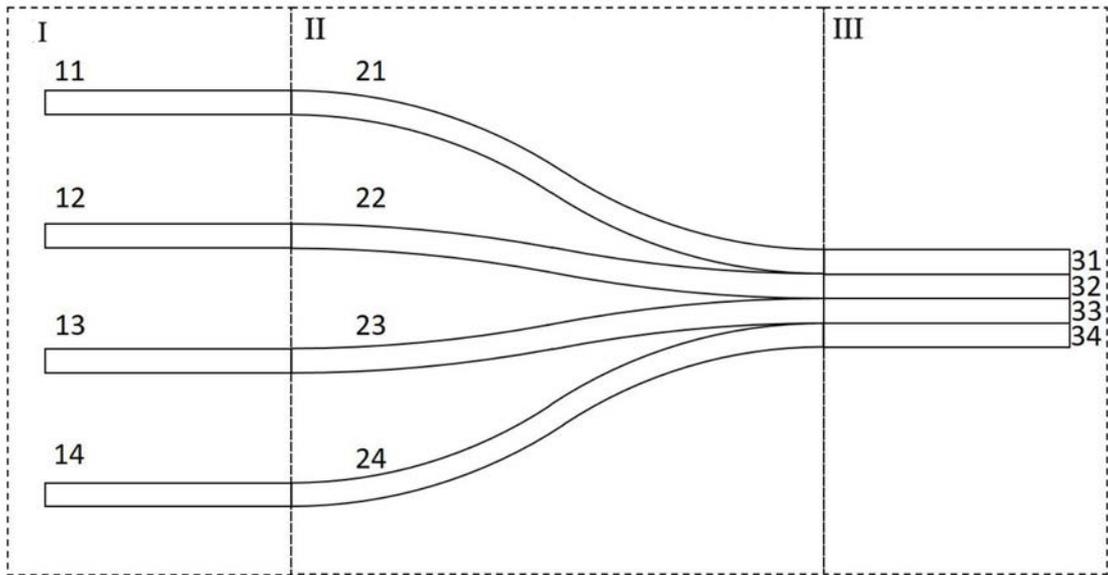


图1

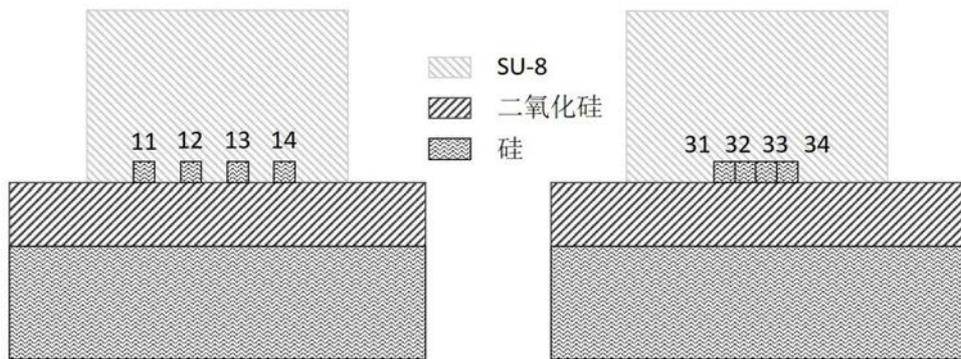


图2

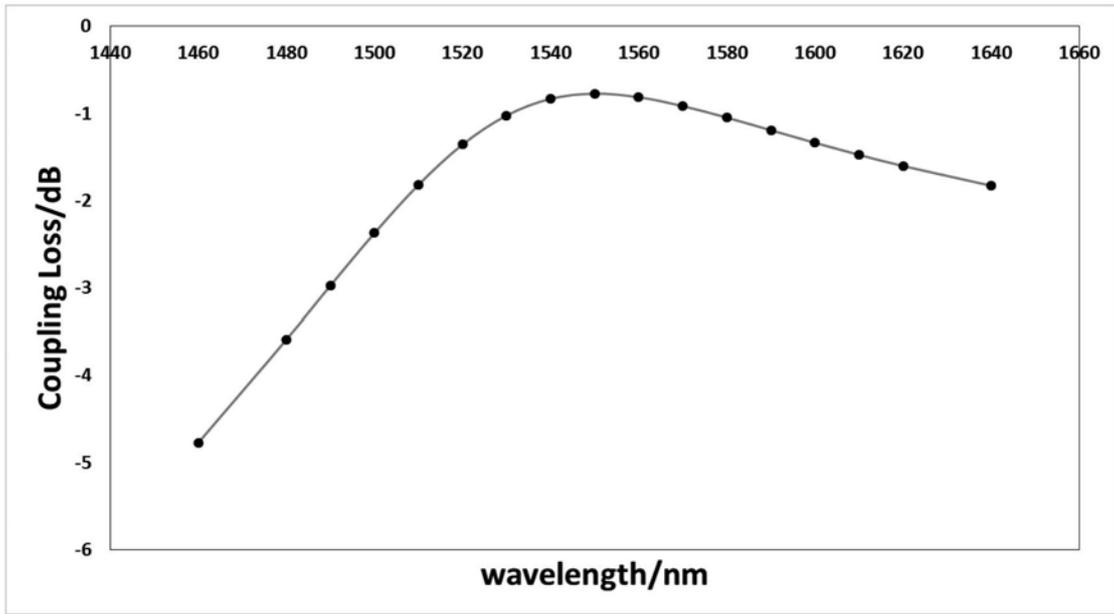


图3