



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 112305671 A

(43)申请公布日 2021.02.02

(21)申请号 201910676834.7

(22)申请日 2019.07.25

(71)申请人 上海新微技术研发中心有限公司
地址 201800 上海市嘉定区菊园新区环城
路2222号1幢J2015室

(72)发明人 汪大伟 汪巍 方青 涂芝娟
曾友宏 蔡艳 余明斌

(74)专利代理机构 上海光华专利事务所(普通
合伙) 31219

代理人 罗泳文

(51)Int.Cl.

G02B 6/126(2006.01)

G02B 6/132(2006.01)

G02B 6/136(2006.01)

G02B 6/138(2006.01)

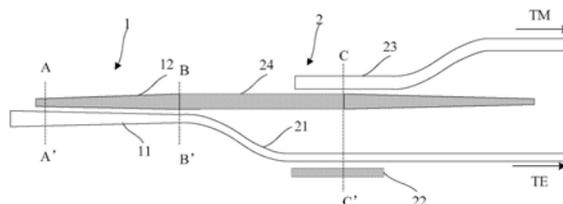
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

基于狭缝波导的锥形偏振分束器及制备方法

(57)摘要

本发明提供一种基于狭缝波导的锥形偏振分束器及制备方法,分束器包括锥形耦合器及偏振滤波器;锥形耦合器包括条形硅波导及狭缝波导,条形硅波导及狭缝波导在耦合长度方向上具有相反的宽度变化趋势;偏振滤波器包括串联在锥形耦合器的TE输出端的第一偏振滤波器及串联在锥形耦合器的TM输出端的第二偏振滤波器,第一偏振滤波器用以TE偏振态的传导,并将TM偏振态耦合到第一狭缝波导中;第二偏振滤波器用以过滤TE偏振态,并将TM偏振态的偏振模式从第二狭缝波导向第二条形硅波导转化。本发明器件可利用集成工艺制备,工艺简单且容差较大,尺寸较小,在较宽的波长范围内均可以实现较高的消光比,易于实现与其他器件的集成。



1. 一种基于狭缝波导的锥形偏振分束器,其特征在于,所述锥形偏振分束器包括:
串联的锥形耦合器及偏振滤波器;
所述锥形耦合器包括条形硅波导及狭缝波导,所述条形硅波导及狭缝波导在耦合长度方向上具有相反的宽度变化趋势,所述条形硅波导随着耦合距离的增加,宽度逐渐变小,所述狭缝波导随着耦合距离的增加,宽度逐渐变大;
所述偏振滤波器包括串联在所述锥形耦合器的TE输出端的第一偏振滤波器及串联在锥形耦合器的TM输出端的第二偏振滤波器,所述第一偏振滤波器包括第一条形硅波导与第一狭缝波导,用以TE偏振态的传导,并将TM偏振态耦合到所述第一条形硅波导旁的所述第一狭缝波导中以将所述TM偏振态耦合滤去;所述第二偏振滤波器包括第二条形硅波导与第二狭缝波导,用以过滤TE偏振态,并将TM偏振态的偏振模式从所述第二狭缝波导向所述第二条形硅波导转化。
2. 根据权利要求1所述的基于狭缝波导的锥形偏振分束器,其特征在于:所述狭缝波导包括依次层叠的硅下层、二氧化硅中间层、以及氮化硅上层。
3. 根据权利要求2所述的基于狭缝波导的锥形偏振分束器,其特征在于:所述氮化硅上层的宽度大于所述硅下层的宽度。
4. 根据权利要求1所述的基于狭缝波导的锥形偏振分束器,其特征在于:所述条形硅波导及所述狭缝波导上还包覆有二氧化硅上包层。
5. 根据权利要求1所述的基于狭缝波导的锥形偏振分束器,其特征在于:所述条形硅波导及所述狭缝波导之间还填充有二氧化硅填充层。
6. 根据权利要求1所述的基于狭缝波导的锥形偏振分束器,其特征在于:所述锥形耦合器的所述条形硅波导及所述狭缝波导的宽度变化的速率一致,所述条形硅波导及所述狭缝波导的间距保持不变。
7. 根据权利要求1所述的基于狭缝波导的锥形偏振分束器,其特征在于:所述偏振滤波器的解耦合区的所述第一条形硅波导与第二条形硅波导呈S型弯曲,以实现波导间距的逐渐远离。
8. 根据权利要求1所述的基于狭缝波导的锥形偏振分束器,其特征在于:所述锥形耦合器与所述偏振滤波器的所述条形硅波导及狭缝波导满足TM偏振态的相位匹配条件。
9. 一种如权利要求1~8任意一项所述的基于狭缝波导的锥形偏振分束器的制备方法,其特征在于,所述制备方法包括步骤:
 - 1) 提供一SOI衬底,通过光刻与刻蚀在所述SOI衬底中形成所述条形硅波导以及狭缝波导的硅下层;
 - 2) 于所述硅下层上形成所述狭缝波导的二氧化硅中间层;
 - 3) 于所述二氧化硅中间层上形成所述狭缝波导的氮化硅上层;
 - 4) 于条形硅波导及所述狭缝波导上形成二氧化硅上包层。
10. 根据权利要求9所述的基于狭缝波导的锥形偏振分束器的制备方法,其特征在于:步骤2) 采用PECVD方法于所述硅下层上形成所述狭缝波导的二氧化硅中间层;步骤3) 采用LPCVD方法沉积氮化硅层,并通过光刻与刻蚀工艺于所述二氧化硅中间层上形成所述狭缝波导的氮化硅上层,所述氮化硅上层的宽度大于所述硅下层的宽度。

基于狭缝波导的锥形偏振分束器及制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于光学器件及光通讯领域,特别是涉及一种基于狭缝波导的锥形偏振分束器及制备方法。

背景技术

[0002] 偏振是指横波的振动矢量(垂直于波的传播方向)偏于某些方向的现象。偏振控制在许多应用领域起着非常关键的作用,例如通信,生物传感,量子光学等,而高效率和小尺寸的偏振控制器件在这些领域具有非常重要的应用价值。

[0003] 在长距离的光通信中,光纤作为光信号的传输通道,其保偏能力较差,其中的偏振态具有较大的随机性。而在硅基光电子学中,由于TE偏振态的传播损耗较低,所以器件一般均基于该偏振态而设计的,且在常见的硅波导的TE与TM偏振模式的有效折射率相差较大,二者之间不会发生不同偏振态之间的转化,具有较好的保偏能力。所以在光信号从光纤进入硅光芯片时,需要对输入信号的偏振态进行控制。

[0004] 光通信中的偏振分束器是一种集成光电子器件,用于实现TE(横电)模和TM(横磁)模的分离。目前基于耦合器的偏振分束器有着比较广泛的应用,然而基于耦合器的偏振分束器大多工作带宽较小,且对于实际加工中的尺寸的偏差较为敏感,难以实际应用。

发明内容

[0005] 鉴于以上所述现有技术的缺点,本发明的目的在于提供一种基于狭缝波导的锥形偏振分束器及制备方法,以实现一种容差较大,尺寸较小,在较宽的波长范围内均可以实现较高的消光比的偏振分束器。

[0006] 为实现上述目的及其他相关目的,本发明提供一种基于狭缝波导的锥形偏振分束器,所述锥形偏振分束器包括:串联的锥形耦合器及偏振滤波器;所述锥形耦合器包括条形硅波导及狭缝波导,所述条形硅波导及狭缝波导在耦合长度方向上具有相反的宽度变化趋势,所述条形硅波导随着耦合距离的增加,宽度逐渐变小,所述狭缝波导随着耦合距离的增加,宽度逐渐变大;所述偏振滤波器包括串联在所述锥形耦合器的TE输出端的第一偏振滤波器及串联在锥形耦合器的TM输出端的第二偏振滤波器,所述第一偏振滤波器包括第一条形硅波导与第一狭缝波导,用以TE偏振态的传导,并将TM偏振态耦合到所述第一条形硅波导旁的所述第一狭缝波导中以将所述TM偏振态耦合滤去;所述第二偏振滤波器包括第二条形硅波导与第二狭缝波导,用以过滤TE偏振态,并将TM偏振态的偏振模式从所述第二狭缝波导向所述第二条形硅波导转化。

[0007] 可选地,所述狭缝波导包括依次层叠的硅下层、二氧化硅中间层、以及氮化硅上层。

[0008] 进一步地,所述氮化硅上层的宽度大于所述硅下层的宽度。

[0009] 可选地,所述条形硅波导及所述狭缝波导上还包覆有二氧化硅上包层。

[0010] 可选地,所述条形硅波导及所述狭缝波导之间还填充有二氧化硅填充层。

[0011] 可选地,所述锥形耦合器的所述条形硅波导及所述狭缝波导的宽度变化的速率一致,所述条形硅波导及所述狭缝波导的间距保持不变。

[0012] 可选地,所述偏振滤波器的解耦合区的所述第一条形硅波导与第二条形硅波导呈S型弯曲,以实现波导间距的逐渐远离。

[0013] 可选地,所述锥形耦合器与偏振滤波器的所述条形硅波导及狭缝波导满足TM偏振态的相位匹配条件。

[0014] 本发明还提供一种基于狭缝波导的锥形偏振分束器的制备方法,所述制备方法包括步骤:1) 提供一SOI衬底,通过光刻与刻蚀在所述SOI衬底中形成所述条形硅波导以及狭缝波导的硅下层;2) 于所述硅下层上形成所述狭缝波导的二氧化硅中间层;3) 于所述二氧化硅中间层上形成所述狭缝波导的氮化硅上层;4) 于条形硅波导及所述狭缝波导上形成二氧化硅上包层。

[0015] 可选地,步骤2) 采用PECVD方法于所述硅下层上形成所述狭缝波导的二氧化硅中间层;步骤3) 采用LPCVD方法沉积氮化硅层,并通过光刻与刻蚀工艺于所述二氧化硅中间层上形成所述狭缝波导的氮化硅上层,所述氮化硅上层的宽度大于所述硅下层的宽度。

[0016] 如上所述,本发明的基于狭缝波导的锥形偏振分束器及制备方法,具有以下有益效果:

[0017] 本发明中通过在耦合器中引入锥形结构,使得TM偏振态的耦合对于波长与器件的尺寸偏差不再非常敏感,从而提升了器件的实际的工作带宽以及在实际制造过程中的容忍工艺误差的能力。

[0018] 为了进一步地提升消光比,本发明采用两个偏振滤波器串联在锥形耦合器的输出端口,二者对于TM偏振态均满足了相位匹配条件。其中在锥形耦合器的TE输出端口的偏振滤波器可以将未完全耦合到狭缝波导中的TM偏振态滤除,而在TM输出端口的滤波器可以将原狭缝波导中的TM耦合至条形硅波导中,该滤波器不仅实现了滤除不需要的TE偏振态的功能,而且实现了TM偏振态从狭缝波导到常规条形硅波导中的转化,从而避免引入额外的模式转换器。本发明器件可以实现片上的偏振分束功能,可以分离得到较为纯净的偏振态,在未来的偏振复用与传感等方面有着诸多潜在应用。

[0019] 本发明器件可利用集成工艺制备,工艺简单且容差较大,尺寸较小,在较宽的波长范围内均可以实现较高的消光比,易于实现与其他器件的集成。

附图说明

[0020] 图1~图4显示为本发明的基于狭缝波导的锥形偏振分束器的结构示意图,其中,图2显示为图1中A-A'处的截面结构示意图,图3显示为图1中B-B'处的截面结构示意图,图4显示为图1中C-C'处的截面结构示意图。

[0021] 图5显示为本发明的基于狭缝波导的锥形偏振分束器的制备方法的步骤流程示意图。

[0022] 元件标号说明

[0023]	1	锥形耦合器
[0024]	11	条形硅波导
[0025]	12	狭缝波导

[0026]	2	偏振滤波器
[0027]	21	第一条形硅波导
[0028]	22	第一狭缝波导
[0029]	23	第二条形硅波导
[0030]	24	第二狭缝波导
[0031]	301	底层硅
[0032]	302	绝缘层
[0033]	401	硅下层
[0034]	402	二氧化硅中间层
[0035]	403	氮化硅上层
[0036]	S11~S14	步骤1) ~步骤4)

具体实施方式

[0037] 以下通过特定的具体实例说明本发明的实施方式,本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点与功效。本发明还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用,本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用,在没有背离本发明的精神下进行各种修饰或改变。

[0038] 如在详述本发明实施例时,为便于说明,表示器件结构的剖面图会不依一般比例作局部放大,而且所述示意图只是示例,其在此不应限制本发明保护的范围。此外,在实际制作中应包含长度、宽度及深度的三维空间尺寸。

[0039] 为了方便描述,此处可能使用诸如“之下”、“下方”、“低于”、“下面”、“上方”、“上”等的空间关系词语来描述附图中所示的一个元件或特征与其他元件或特征的关系。将理解到,这些空间关系词语意图包含使用中或操作中的器件的、除了附图中描绘的方向之外的其他方向。此外,当一层被称为在两层“之间”时,它可以是所述两层之间仅有的层,或者也可以存在一个或多个介于其间的层。

[0040] 在本申请的上下文中,所描述的第一特征在第二特征“之上”的结构可以包括第一和第二特征形成直接接触的实施例,也可以包括另外的特征形成在第一和第二特征之间的实施例,这样第一和第二特征可能不是直接接触。

[0041] 需要说明的是,本实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本发明的基本构想,遂图示中仅显示与本发明中有关的组件而非按照实际实施时的组件数目、形状及尺寸绘制,其实际实施时各组件的型态、数量及比例可为一种随意的改变,且其组件布局型态也可能更为复杂。

[0042] 如图1~图4所示,其中,图2显示为图1中A-A'处的截面结构示意图,图3显示为图1中B-B'处的截面结构示意图,图4显示为图1中C-C'处的截面结构示意图,本实施例提供一种基于狭缝波导的锥形偏振分束器,特别是一种基于氮化硅/硅狭缝波导的锥形偏振分束器,所述锥形偏振分束器包括串联的锥形耦合器1及偏振滤波器2。在本实施例中,所述锥形偏振分束器的锥形耦合器1及偏振滤波器2基于SOI衬底制备,所述SOI衬底包括底层硅301、绝缘层302以及顶层硅,本实施例中的条形硅波导及狭缝波导中的下硅层均基于所述顶层硅制备。

[0043] 如图1、图2及图3所示,所述锥形耦合器1包括条形硅波导11及狭缝波导12,所述条形硅波导11及狭缝波导12在耦合长度方向上具有相反的宽度变化趋势,所述条形硅波导11随着耦合距离的增加,宽度逐渐变小,所述狭缝波导12随着耦合距离的增加,宽度逐渐变大。

[0044] 所述狭缝波导12包括三层,具体包括依次层叠的硅下层401、作为狭缝的二氧化硅中间层402、以及氮化硅上层403。同时为了降低在实际的制造过程中硅下层401与氮化硅层可能出现的光刻对准误差,所述氮化硅上层403的宽度大于所述硅下层401的宽度。另外,所述条形硅波导11及所述狭缝波导12上还可以包覆有二氧化硅上包层,所述条形硅波导11及所述狭缝波导12之间还可以填充有二氧化硅填充层,上述的二氧化硅上包层及二氧化硅填充层未予图示。

[0045] 在本实施例中,所述条形硅波导11在所述锥形耦合器1的入口处具有第一宽度D1,如图2所示,在所述锥形耦合器1的出口处具有第二宽度D2,如图3所示,其中,所述第一宽度D1大于所述第二宽度D2。所述狭缝波导12在所述锥形耦合器1的入口处具有第三宽度D3,如图2所示,在所述锥形耦合器1的出口处具有第四宽度D4,如图3所示,其中,所述第三宽度D3小于所述第四宽度D4。具体地,所述条形硅波导11及狭缝波导12可以为锥形,且两锥形呈反向排布,其中,所述锥形耦合器1的所述条形硅波导11及所述狭缝波导12的宽度变化的速率一致,使得所述条形硅波导11及所述狭缝波导12的间距保持不变。

[0046] 所述锥形耦合器1的所述条形硅波导11及狭缝波导12满足TM偏振态的相位匹配条件。由于氮化硅/硅($\text{Si}_3\text{N}_4/\text{Si}$)狭缝波导12相比于普通的条形硅波导11来说,可有效地提高TM偏振态的有效折射率,同时对于TE偏振态的有效折射率基本没有影响。所以对于TM偏振态而言,当条形硅波导11与狭缝波导12满足相位匹配条件时,其可以在锥形耦合器1中实现较高的耦合效率,而TE偏振态的耦合效率由于较大的相位失配而被显著地抑制,所以可以在较短距离内实现TM偏振态与TE偏振态的分离。

[0047] 如图1及图4所示,所述偏振滤波器2包括串联在所述锥形耦合器1的TE输出端的第一偏振滤波器及串联在锥形耦合器1的TM输出端的第二偏振滤波器。

[0048] 所述第一偏振滤波器包括第一条形硅波导21与第一狭缝波导22,用以TE偏振态的传导,并将不需要的TM偏振态耦合到所述第一条形硅波导21旁的所述第一狭缝波导22中以将所述TM偏振态耦合滤去。

[0049] 所述第二偏振滤波器包括第二条形硅波导23与第二狭缝波导24,用以过滤TE偏振态,并将TM偏振态的偏振模式从所述第二狭缝波导24向所述第二条形硅波导23转化。

[0050] 所述第一狭缝波导22及第二狭缝波导24均包括三层,具体包括依次层叠的硅下层401、作为狭缝的二氧化硅中间层402、以及氮化硅上层403。同时为了增加在实际的制造过程中硅下层401与氮化硅层可能出现的光刻对准误差,所述氮化硅上层403的宽度大于所述硅下层401的宽度。另外,所述条形硅波导11及所述狭缝波导12上还可以包覆有二氧化硅上包层,所述条形硅波导11及所述狭缝波导12之间还可以填充有二氧化硅填充层,上述的二氧化硅上包层及二氧化硅填充层未予图示。

[0051] 本发明的偏振滤波器2既可以完成偏振滤波的功能,同时也实现了将TM偏振态从狭缝波导12向常规硅波导中转化的功能,且所述偏振滤波器2的解耦合区的所述第一条形硅波导21与第二条形硅波导23呈S型弯曲,以实现波导间距的逐渐远离,便于与后续的

其他功能器件进行集成。

[0052] 如图1所示,本实施例的锥形偏振分束器的工作原理如下:

[0053] 将TE/TM偏振态从锥形耦合器1输入端的条形硅波导11中输入,由于输入条形硅波导11中TM偏振态的局域性较弱,其模场有较大一部分分布在芯层外面,而且所述条形硅波导11的锥形结构是在原来满足TM偏振态的相位匹配条件基础上的波导宽度拓展而来的,故输入的TM偏振态有着较高的耦合效率。而TE偏振态由于远离相位匹配条件,故其耦合效率较低,几乎没有能量会耦合到狭缝波导12中。常规的基于直线型耦合器的偏振分束器,相位匹配条件在耦合区内需要被严格地满足,以达到高的耦合效率,故其对于波长以及器件尺寸的偏差非常的敏感,工作带宽与工艺容差受限。本发明通过在耦合器中引入锥形结构,使得TM偏振态的耦合对于波长与器件的尺寸偏差不再非常敏感,从而提升了器件的实际的工作带宽以及在实际制造过程中的容忍工艺误差的能力。

[0054] 为了进一步地提升消光比,两个偏振滤波器被串联在锥形耦合器1的输出端口,二者对于TM偏振态均满足了相位匹配条件。其中,在锥形耦合器1的TE输出端口的第一偏振滤波器可以将未完全耦合到狭缝波导12中的TM偏振态滤除。而在TM输出端口的第二偏振滤波器可以将原狭缝波导12中的TM耦合至第二条形硅波导23中,该滤波器不仅实现了滤除不需要的TE偏振态的功能,而且实现了TM偏振态从狭缝波导12到常规条形硅波导23中的转化,从而避免引入额外的模式转换器。本发明的器件可以实现片上的偏振分束功能,可以分离得到较为纯净的偏振态,在未来的偏振复用与传感等方面有着诸多潜在应用。

[0055] 如图1~图5所示,本实施例还提供一种基于狭缝波导的锥形偏振分束器的制备方法,所述制备方法包括步骤:

[0056] 步骤1) S11,提供一SOI衬底,通过光刻与刻蚀在所述SOI衬底中形成所述所有条形硅波导以及狭缝波导的硅下层401。在本实施例中,所述锥形偏振分束器的锥形耦合器1及偏振滤波器2基于SOI衬底制备,所述SOI衬底包括底层硅301、绝缘层302以及顶层硅,本实施例中的条形硅波导及狭缝波导中的下硅层均基于所述顶层硅制备。所述条形硅波导及所述狭缝波导的下硅层依据上述的锥形耦合器1及偏振滤波器2所需图形进行刻蚀制备。

[0057] 步骤2) S12,于所述硅下层401上形成所述狭缝波导的二氧化硅中间层402。例如,可以采用PECVD方法于所述硅下层401上形成所述狭缝波导的二氧化硅中间层402。

[0058] 步骤3) S13,于所述二氧化硅中间层402上形成所述狭缝波导的氮化硅上层403。例如,可以采用LPCVD方法沉积氮化硅层,并通过光刻与刻蚀工艺于所述二氧化硅中间层402上形成所述狭缝波导的氮化硅上层403,同时为了降低在实际的制造过程中硅下层401与氮化硅层可能出现的光刻对准误差,在本实施例中,所述氮化硅上层403的宽度大于所述硅下层401的宽度。

[0059] 步骤4) S14,于条形硅波导及所述狭缝波导上形成二氧化硅上包层。

[0060] 如上所述,本发明的基于狭缝波导的锥形偏振分束器及制备方法,具有以下有益效果:

[0061] 本发明中通过在耦合器中引入锥形结构,使得TM偏振态的耦合对于波长与器件的尺寸偏差不再非常敏感,从而提升了器件的实际的工作带宽以及在实际制造过程中的容忍工艺误差的能力。

[0062] 为了进一步地提升消光比,本发明采用两个偏振滤波器串联在锥形耦合器的输出

端口,二者对于TM偏振态均满足了相位匹配条件。其中在锥形耦合器的TE输出端口的偏振滤波器可以将未完全耦合到狭缝波导中的TM偏振态滤除,而在TM输出端口的滤波器可以将原狭缝波导中的TM耦合至条形硅波导中,该滤波器不仅实现了滤除不需要的TE偏振态的功能,而且实现了TM偏振态从狭缝波导到常规条形硅波导中的转化,从而避免引入额外的模式转换器。本发明器件可以实现片上的偏振分束功能,可以分离得到较为纯净的偏振态,在未来的偏振复用与传感等方面有着诸多潜在应用。

[0063] 本发明器件可利用集成工艺制备,工艺简单且容差较大,尺寸较小,在较宽的波长范围内均可以实现较高的消光比,易于实现与其他器件的集成。

[0064] 所以,本发明有效克服了现有技术中的种种缺点而具高度产业利用价值。

[0065] 上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效,而非用于限制本发明。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下,对上述实施例进行修饰或改变。因此,举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变,仍应由本发明的权利要求所涵盖。

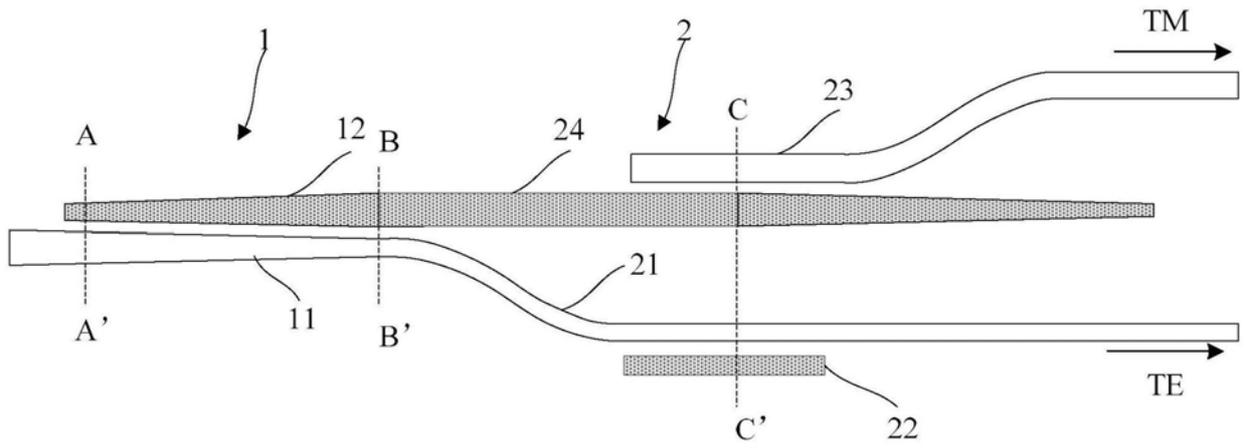


图1

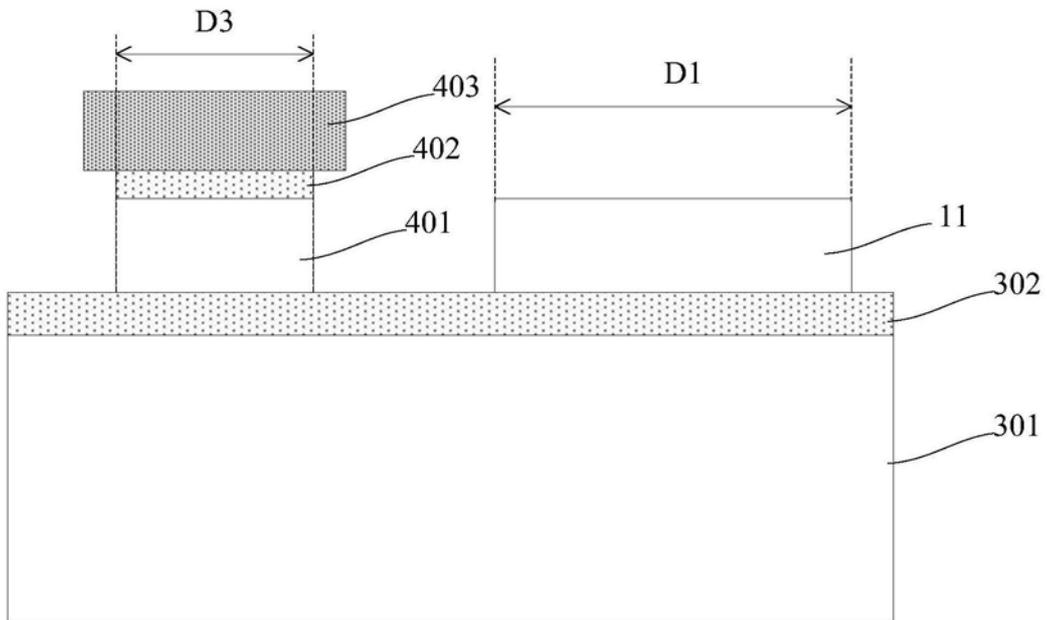


图2

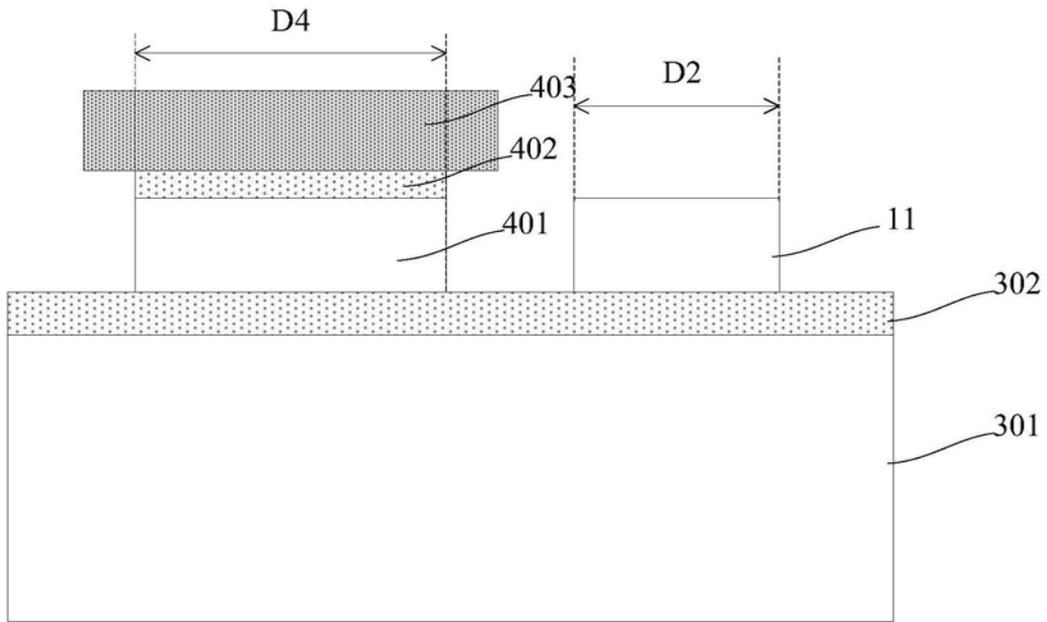


图3

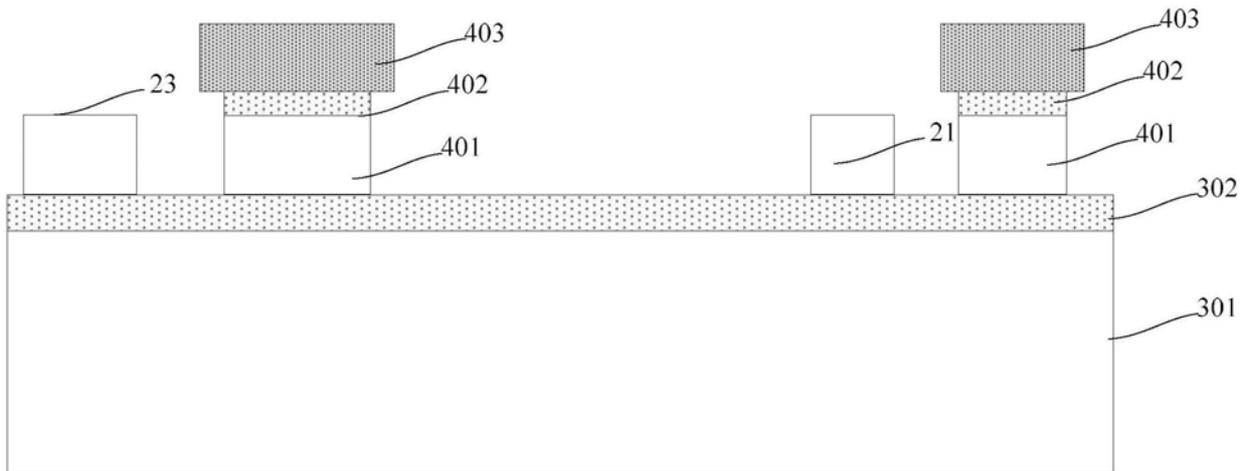


图4

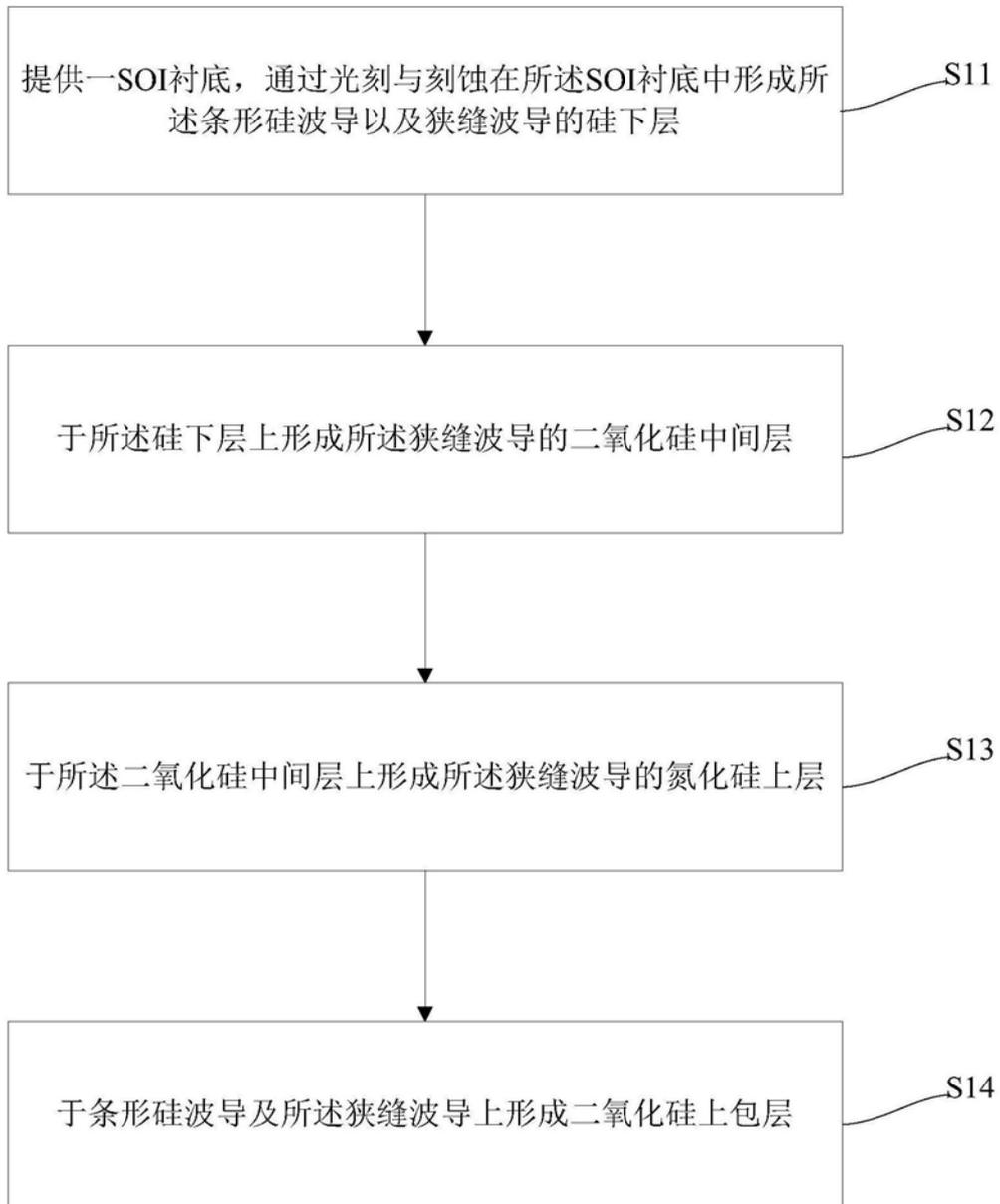


图5