



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105988162 A

(43) 申请公布日 2016. 10. 05

(21) 申请号 201610168012. 4

(22) 申请日 2016. 03. 23

(30) 优先权数据

14/665, 372 2015. 03. 23 US

(71) 申请人 三菱电机株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 小岛启介 M·费里塞蒂 秋浓俊昭

王炳南 西川智志 柳生荣治

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 孙蕾

(51) Int. Cl.

G02B 6/10(2006. 01)

G02B 6/126(2006. 01)

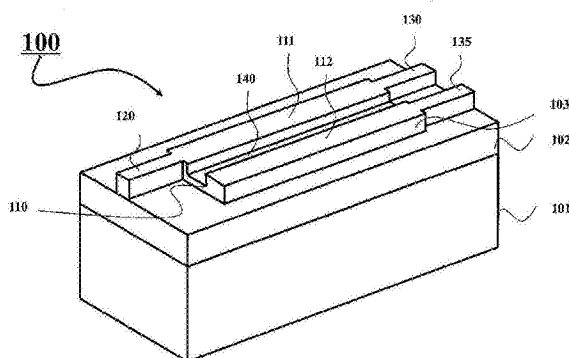
权利要求书3页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

光操纵装置

(57) 摘要

本申请关于一种光操纵装置。需要缩短偏振分束器或者偏振合波器的长度。光操纵装置具备：第1部分，该第1部分用于传播具有包括横向电场 (TE) 模式以及横向磁场 (TM) 模式的多个偏振模式的光信号；和第2部分，用于分别传播光信号的 TE 模式以及 TM 模式。另外，光操纵装置还包括具有槽的多模干涉 (MMI) 部分，槽具有比 MMI 部分的除了该槽的部分的第2折射率小的第1折射率。槽沿着 MMI 部分的全长延伸，将 MMI 部分分割为包括第1通道以及第2通道的2个通道。第1部分与第1通道连接，第2部分与第1通道以及第2通道这两方连接。



1. 一种光操纵装置,具备:

第1部分,用于传播光信号,该光信号具有包括横向电场模式即TE模式以及横向磁场模式即TM模式的多个偏振模式;

第2部分,用于分别传播所述光信号的所述TE模式以及所述TM模式;以及多模干涉部分即MMI部分,

所述MMI部分包括槽,所述槽具有比所述MMI部分的除了该槽的部分的第2折射率小的第1折射率,沿着所述MMI部分的全长延伸,将所述MMI部分分割为包括第1通道以及第2通道的2个通道,所述第1部分与所述第1通道连接,所述第2部分与所述第1通道以及所述第2通道这两方连接。

2. 根据权利要求1所述的光操纵装置,其特征在于,

以使所述光信号的所述TE模式以及所述TM模式在所述第2部分与所述MMI部分之间的边界面处被分离给所述第1通道以及所述第2通道,在所述第1部分与所述MMI部分的所述第1通道之间的边界面处混合的方式,选择所述槽的尺寸以及所述槽内的折射率。

3. 根据权利要求1所述的光操纵装置,其特征在于,

所述第1部分包括与所述第1通道连接的第1波导,所述第2部分包括与所述第1通道连接的第2波导、和与所述第2通道连接的第3波导,所述第1通道、所述第2通道、所述第1波导、所述第2波导以及所述第3波导的折射率相等。

4. 根据权利要求3所述的光操纵装置,其特征在于,

所述第1波导、所述第2波导以及所述第3波导中的1个或者组合通过具有能够降低光耦合损失的形状的耦合边界面与所述MMI部分连接。

5. 根据权利要求4所述的光操纵装置,其特征在于,

所述具有能够降低光耦合损失的形状的耦合边界面是带锥形的耦合边界面。

6. 根据权利要求1所述的光操纵装置,其特征在于,还具备:

基板层;

芯层,被配置在所述基板层上,用于传播所述光信号;以及

包层,被在配置所述芯层上,用于操作所述光信号。

7. 根据权利要求6所述的光操纵装置,其特征在于,

所述槽是对所述芯层中进一步蚀刻而形成的。

8. 根据权利要求6所述的光操纵装置,其特征在于,

所述基板层以及所述包层包含磷化铟InP,所述芯层包含铟镓砷磷InGaAsP。

9. 根据权利要求6所述的光操纵装置,其特征在于,

所述槽是在所述包层中埋入具有第1折射率的材料而成的。

10. 根据权利要求1所述的光操纵装置,其特征在于,

所述MMI部分的长度小于1mm。

11. 一种光操纵装置,具备:

第1部分,用于传播光信号,该光信号具有包括横向电场模式即TE模式以及横向磁场模式即TM模式的多个偏振模式;

第2部分,用于分别传播所述光信号的所述TE模式以及所述TM模式;以及多模干涉部分即MMI部分,

所述MMI部分包括槽,所述槽具有比所述MMI部分的除了该槽的部分的第2折射率小的第1折射率,沿着所述MMI部分的全长延伸,将所述MMI部分分割为包括第1通道以及第2通道的2个通道,所述第1部分与所述第1通道连接,所述第2部分与所述第1通道以及所述第2通道这两方连接,

所述MMI部分的长度小于1mm,

以使所述光信号的所述TE模式以及所述TM模式在所述第2部分与所述MMI部分之间的边界面处分离给所述第1通道以及所述第2通道,在所述第1部分与所述MMI部分的所述第1通道之间的边界面处混合的方式,选择所述槽的尺寸以及所述槽内的折射率。

12.根据权利要求11所述的光操纵装置,其特征在于,还具备:

基板层,包含磷化铟InP;

芯层,被配置在所述基板层上,用于传播所述光信号,包含铟镓砷磷InGaAsP;以及

包层,被配置在所述芯层上,用于操作所述光信号,包含所述InP,

所述槽是通过蚀刻所述包层而形成的。

13.根据权利要求12所述的光操纵装置,其特征在于,

所述槽是对所述芯层中进一步蚀刻而形成的。

14.根据权利要求11所述的光操纵装置,其特征在于,

所述第1部分包括与所述第1通道连接的第1波导,所述第2部分包括与所述第1通道连接的第2波导、和与所述第2通道连接的第3波导,所述第1通道、所述第2通道、所述第1波导、所述第2波导以及所述第3波导的折射率与所述第2折射率相等。

15.根据权利要求14所述的光操纵装置,其特征在于,

所述第1波导、所述第2波导以及所述第3波导中的1个或者组合通过具有能够降低光耦合损失的形状的耦合边界面与所述MMI部分连接。

16.根据权利要求15所述的光操纵装置,其特征在于,

所述具有能够降低光耦合损失的形状的耦合边界面是带锥形的耦合边界面。

17.一种光操纵装置,具备:

基板层,包含磷化铟InP;

芯层,被配置在所述基板层上,包含铟镓砷磷InGaAsP;以及

包层,被配置在所述芯层上,包含所述InP,

所述包层包括:

第1部分,用于传播光信号,该光信号具有包括横向电场模式即TE模式以及横向磁场模式即TM模式的多个偏振模式;

第2部分,用于分别传播所述光信号的所述TE模式以及所述TM模式;以及

多模干涉部分即MMI部分,

所述MMI部分包括槽,所述槽具有比所述MMI部分的除了该槽的部分的第2折射率小的第1折射率,沿着所述MMI部分的全长延伸,将所述MMI部分分割为包括第1通道以及第2通道的2个通道,所述第1部分与所述第1通道连接,所述第2部分与所述第1通道以及所述第2通道连接。

18.根据权利要求17所述的光操纵装置,其特征在于,

所述槽是对所述芯层中进一步蚀刻而形成的。

19. 根据权利要求17所述的光操纵装置, 其特征在于,
所述槽是将具有所述第1折射率的材料埋入到所述包层而成的。
20. 根据权利要求17所述的光操纵装置, 其特征在于,
所述光操纵装置的长度小于1mm。

光操纵装置

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及光学设备,更详细而言涉及对具有正交的偏振分量的光信号进行分析并合成的多模干涉(MMI:multi-mode interference)设备。

背景技术

[0002] 对于光通信网络来说,在光子集成电路(PIC:photonic integrated circuit)中控制光信号的偏振模式以及空间模式是重要的。例如,以往的单模光纤不保存偏振模式。在光信号从单模光纤向PIC耦合时,该信号分解为任意组成的2个正交的偏振分量、即横向电场(TE:transverse electric)模式的第1分量、和横向磁场(TM:transverse magnetic)模式的第2分量。在PIC中使用的众多的模块中,TE模式以及TM模式的分量具有不同的特性。例如,具有不同的TE模式以及TM模式的分量在高折射率差波导内以不同的速度传播,关于TE模式以及TM模式的微型环状共振器的能量耦合系数不同。

[0003] 这些偏振依赖效应在高速通信的情况下特别使PIC的性能降低。另外,大部分的光通信网络仅使用1个偏振模式。进而,在偏振分割复用(PDM:polarization-division multiplexing)系统中使用两种偏振模式的分量的情况下,能够提高这样的各种系统的谱效率。

[0004] 通常,用于控制光信号的偏振的系统、例如偏振透明系统(polarization transparent system)以及偏振多路复用系统使用偏振转换器和/或偏振分束器/偏振合波器那样的偏振光操纵装置。例如,为了解决当前的光子集成电路(PIC)中的与偏振依赖性以及偏振模式色散有关的问题,在偏振透明系统中能够利用例如偏振分束器。另外,为了提高谱效率,在偏振分割多路复用(PDM)系统中也能够利用偏振分束器。

[0005] PIC内的偏振分束器/偏振合波器通常具有非常大的尺寸(长度>1mm),需要用于这些设备的特别设计的工艺,因此,偏振分束器/偏振合波器变得非常复杂,制造上花费费用。

[0006] 例如,在非专利文献1中记述了基于被较深地蚀刻了的多模干涉(MMI)波导的偏振分束器。在该情况下,具备被较深地蚀刻了的侧壁的长的(>2mm)MMI呈现小的双折射(即TE模式与TM模式之间的不同的有效折射率)。因此,根据输入波束的偏振光,在不同的输出波导上出现输入波束的像。

[0007] 在其他例子中,在Doerr(专利文献1)中公开了基于2个MMI(一个是1×2分束器用且另一个是2×2耦合器用)以及连接这些MMI的2个波导的偏振分束器。以使TE模式以及TM模式具有不同的有效折射率的方式,为这些波导选择不同的宽度,从而根据输入偏振光,输入信号被导波给不同的输出波导。在该申请中,未明确记载实际的设备长,但被认为全长超过1mm。

[0008] 【专利文献1】美国专利申请公开第2010/0046886号说明书

[0009] 【非专利文献1】Rahman等、“Design of optical polarization splitters in a single-section deeply etched MMI waveguide”、Applied Physics B、vol.73,p.613-619、2001

发明内容

[0010] 因此,需要缩短偏振分束器或者偏振合波器的长度。

[0011] 本发明的各种实施方式基于以下这样的理解:不同的偏振光的光信号以经由光操纵装置的多模干涉(MMI)部分的中央部分而变得不同的方式耦合。

[0012] 因此,本发明的几个实施方式通过使MMI设备内的折射率分布变得不均匀而使用采用MMI的设备等光学设备,操作光信号。具体而言,MMI具有沿着MMI部分的长度延伸的槽区域,由此,该MMI作为2个耦合了的波导起作用。2个波导之间的耦合依赖于输入模式,输入模式是TE模式或者TM模式。

[0013] 槽区域能够具有相比于波导部分更低的折射率。在一个实施方式中,使用被蚀刻了的槽,但另一方面,在其他实施方式中,使用在波导之间埋入了的具有低的折射率的材料

的槽。

[0014] 进而,本发明的几个实施方式是基于以下这样的理解:将输入波导以及输出波导直接安装在MMI上。在其他实施方式中,使用带锥形的波导来安装输入波导以及输出波导。

[0015] 因此,本发明的一个实施方式公开一种光操纵装置,具备第1部分,用于传播光信号,该光信号具有包括横向电场模式即TE模式以及横向磁场模式即TM模式的多个偏振模式;第2部分,用于分别传播所述光信号的所述TE模式以及所述TM模式;以及多模干涉部分即MMI部分,所述MMI部分包括槽,所述槽具有比所述MMI部分的除了该槽的部分的第2折射率小的第1折射率,沿着所述MMI部分的全长延伸,将所述MMI部分分割为包括第1通道以及第2通道的2个通道,所述第1部分与所述第1通道连接,所述第2部分与所述第1通道以及所述第2通道这两方连接

[0016] 其他实施方式公开一种光操纵装置,具备第1部分,用于传播光信号,该光信号具有包括横向电场模式即TE模式以及横向磁场模式即TM模式的多个偏振模式;第2部分,用于分别传播所述光信号的所述TE模式以及所述TM模式;以及多模干涉部分即MMI部分,所述MMI部分包括槽,所述槽具有比所述MMI部分的除了该槽的部分的第2折射率小的第1折射率,沿着所述MMI部分的全长延伸,将所述MMI部分分割为包括第1通道以及第2通道的2个通道,所述第1部分与所述第1通道连接,所述第2部分与所述第1通道以及所述第2通道这两方连接,所述MMI部分的长度小于1mm,以使所述光信号的所述TE模式以及所述TM模式在所述第2部分与所述MMI部分之间的边界面处分离给所述第1通道以及所述第2通道,在所述第1部分与所述MMI部分的所述第1通道之间的边界面处混合的方式,选择所述槽的尺寸以及所述槽内的折射率。

[0017] 进一步其他实施方式是一种光操纵装置,具备基板层,包含磷化铟InP;芯层,被配置在所述基板层上,包含铟镓砷磷InGaAsP;以及包层,被配置在所述芯层上,包含所述InP,所述包层包括:第1部分,用于传播光信号,该光信号具有包括横向电场模式即TE模式以及横向磁场模式即TM模式的多个偏振模式;第2部分,用于分别传播所述光信号的所述TE模式以及所述TM模式;以及多模干涉部分即MMI部分,所述MMI部分包括槽,所述槽具有比所述MMI部分的除了该槽的部分的第2折射率小的第1折射率,沿着所述MMI部分的全长延伸,将所述MMI部分分割为包括第1通道以及第2通道的2个通道,所述第1部分与所述第1通道连接,所述第2部分与所述第1通道以及所述第2通道连接。

附图说明

- [0018] 图1是本发明的一个实施方式的例示的光操纵装置的等角图。
- [0019] 图2是图1的光操纵装置的俯视图。
- [0020] 图3是本发明的一个实施方式的MMI的中央处的光操纵装置的剖面图。
- [0021] 图4是本发明的其他实施方式的MMI的中央处的光操纵装置的剖面图。
- [0022] 图5是本发明的一个实施方式的光操纵装置的俯视图。
- [0023] 图6是本发明的几个实施方式的对光信号的模式分布图的传播进行仿真而得到的图像。

具体实施方式

- [0024] 图1示出本发明的一个实施方式的用于操作光信号的例示的光操纵装置100的等角图。
- [0025] 如以下所述,光操纵装置能够实现为具有基板层、芯层、以及包层的外延生长构造。例如,在一个实施方式中,MMI设备是磷化铟(InP)/铟镓砷磷(InGaAsP)构造,其构造包括InP基板、具有例如对InP匹配了60%晶格(lattice)的As组成的InGaAsP芯层、以及InP包层。在其他实施方式中,MMI设备能够包含被氧化硅(SiO₂)包围的硅(Si)波导。也可以有其他变形方式,也处于本发明的实施方式的范围内。
- [0026] 例如,光操纵装置100包括基板层例如InP层101、在基板层上生长而传播光信号的芯层例如InGaAsP层102、以及在芯层上生长而对光信号进行导波的包层例如InP层103。
- [0027] 光操纵装置100具备第1部分,该第1部分用于传播具有包括横向电场(TE)模式以及横向磁场(TM)模式的多个偏振模式的光信号。光操纵装置100包括用于分别传播光信号的TE模式以及TM模式的第2部分。例如,在一个实施方式中,第1部分包括能够作为用于输入光信号的输入波导起作用的第1波导120,第2部分包括能够作为用于输出2个信号的2个输出波导起作用的第2波导130以及第3波导135。在该实施方式中,光操纵装置100将光信号分割为第1偏振光以及第2偏振光,由此,光操纵装置作为光分束器起作用。
- [0028] 除此以外或者代替它,能够以使包括波导130以及135的第2部分输入具有各自模式的光信号,而使第1部分输出具有被合成了的模式的光信号的方式,使光信号的传播相反。在该实施方式中,光操纵装置100作为光合成器起作用。
- [0029] 另外,光操纵装置100还包括多模干涉(MMI)部分110。MMI部分包括槽140,槽具有与MMI部分的除了该槽以外的部分的第2折射率不同的第1折射率,沿着MMI部分的全长延伸,将MMI部分分割为包括第1通道111以及第2通道112的2个通道。
- [0030] 在各种实施方式中,以使光信号的TE模式以及TM模式在第2部分与MMI部分之间的边界面处被分离给第1通道以及第2通道,在第1部分与MMI部分的第1通道之间的边界面处混合的方式,选择槽的尺寸以及槽内的折射率。槽区域140能够具有与MMI110的剩余的部分和/或波导120、130以及135不同的折射率、通常具有低的折射率。可以将第1波导120、第2波导130、第3波导135、第1通道和第2通道的折射率设为相等。
- [0031] 图2示出光操纵装置100的俯视图。槽区域140沿着MMI部分的全长L从MMI设备110的输入侧延伸至输出侧。输入波导120与MMI设备110的一侧例如第1通道111连接,另一方

面,输出波导130以及135与MMI设备的另一侧分别连接,例如波导130与第1通道111连接,波导135与第2通道112连接。

[0032] 图3的(a)、(b)示出包括低有效折射率区域140的MMI设备110的剖面。在该例子中,芯层102是InP基板101与InP包层103之间的 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ ($0 < y < 1$)。光信号集中到具有比包层的折射率更高的折射率的芯层内。包层的低的折射率起到帮助沿着MMI设备的深度的光信号传播的作用。

[0033] 在该实施方式中, $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ 是4元材料(quaternary material)。其中, x ($0 \sim 1$)是Ga的比值, y ($0 \sim 1$)是As的比值。例如,在 $x=0$ 以及 $y=0$ 的情况下,其4元材料是InP。同样地,在 $x=1$ 以及 $y=1$ 的情况下,其4元材料是GaAs。

[0034] 为了在InP上使InGaAsP生长,晶格匹配条件定义如 $x=-0.42y$ 那样的 x 与 y 之间的关系。通过指定1个成分的值例如 $y=0.4$,能够决定该材料的完整的组成。

[0035] MMI设备110包括槽区域140。在一个实施方式中,MMI具有向上侧包层103中的蚀刻(图3(a))、或者向芯层102中的进一步蚀刻(图3(b))。在图3(a)中第1通道111以及第2通道112是2个连接了的通道。

[0036] 图4示出了槽区域142被InP那样的其他材料填满的其他实施方式,其材料的折射率小于芯层102。

[0037] 图5示出在输入波导以及输出波导的1个或者2个侧使用带锥形的耦合边界面的、本发明的一个实施方式的光操纵装置的俯视图。光操纵装置的部分之间的锥形耦合降低MMI部分与输入/输出波导之间的光耦合损失。耦合边界面的形状只要是降低MMI部分与输入/输出波导之间的光耦合损失即可。耦合边界面不限于带锥形的耦合边界面。

[0038] 本发明的几个实施方式基于如下这样的理解:光信号的TE模式以及TM模式经由具有沿着波导的全长延伸并将波导分割为2个通道的槽的波导的通道以不同的方式传播。因此,能够使用这样的延伸的槽,分割或者合成光信号的模式。

[0039] 图6的(a)(b)示出对关于TE模式以及TM模式的基本模式以及一阶模式的模式分布图进行仿真而得到的图像、和对关于TE模式以及TM模式的波束传播进行仿真而得到的图像。如能够在图6的(a)(b)中看到那样,光信号在第2部分与MMI部分之间的边界面处被分离给第1通道以及第2通道,在第1部分与MMI部分的第1通道之间的边界面处被混合。

[0040] 在图6的(a)(b)的例子中,光操纵装置包括单模输入波导620($W_{wg}=1.5\mu\text{m}$)、用于平滑地转移模式的短的锥形部分622($L_{groove}=36\mu\text{m}$)、MMI部分610($W_{MMI}=2.5\mu\text{m}$ 以及 $L_{MMI}=370\mu\text{m}$)、以及2个输出端口630、635($port_{1,2}=W_{wg}$)。输入/输出端口以及MMI部分被较深地蚀刻来制作。MMI部分的一部分表示 $0.5\mu\text{m}$ 的较浅地蚀刻了的槽。

[0041] 其中, W_{wg} 表示输入波导620的波导宽度, L_{groove} 表示短的锥形部分622的长度, W_{MMI} 表示MMI部分610的宽度, L_{MMI} 表示MMI部分610的长度, $port_{1,2}$ 表示输出端口630的波导宽度($port_1$)和输出端口650的波导宽度($port_2$)。

[0042] 图6的(a)示出MMI部分中的基本TE模式及ME模式以及一阶TE模式及ME模式。起因于TE以及TM的情况下的耦合长不同,由于MMI部分中的模式干涉,TE以及TM的输入模式分别耦合至端口1以及端口2。图6的(b)示出TE或者TM偏振光输入的情况下的沿着光操纵装置的场传播。

[0043] MMI部分中的TE以及TM耦合长如以下那样定义。

[0044] $L_{\pi TE} = \pi / (\beta_{TE0} - \beta_{TE1})$

[0045] $L_{\pi TM} = \pi / (\beta_{TM0} - \beta_{TM1})$

[0046] 其中, β_{TE0} 以及 β_{TE1} 是基本 TE 模式以及一阶 TE 模式的情况下的模式传播常数, 另一方面, β_{TM0} 以及 β_{TM1} 是基本 TM 模式以及一阶 TM 模式的情况下的模式传播常数。计算出的拍长在 TE 模式的情况下是 $37.52\mu\text{m}$, 在 TM 模式的情况下是 $53.76\mu\text{m}$ 。为了将 TE 模式以及 TM 模式分别分割到端口 1 以及端口 2, 通过以下的式子提供设备的全长 L_{MMI} 。

[0047] $L_{MMI} = n \times L_{\pi TE} = (n-m) \times L_{\pi TM}$

[0048] 其中, n 是整数, m 是奇数。在上述本发明的例子中, 最佳的 MMI 长是 $370\mu\text{m}$ 。其中, $n=10$ 以及 $m=3$ 。因此, 能够实现小于 1mm 长的偏振分束器。

[0049] 另外, 还能够实现小于 1mm 长的偏振合波器。

[0050] 另外, 根据技术方案 4、5、15、16, 能够实现降低了光耦合损失的偏振分束器、偏振合波器。

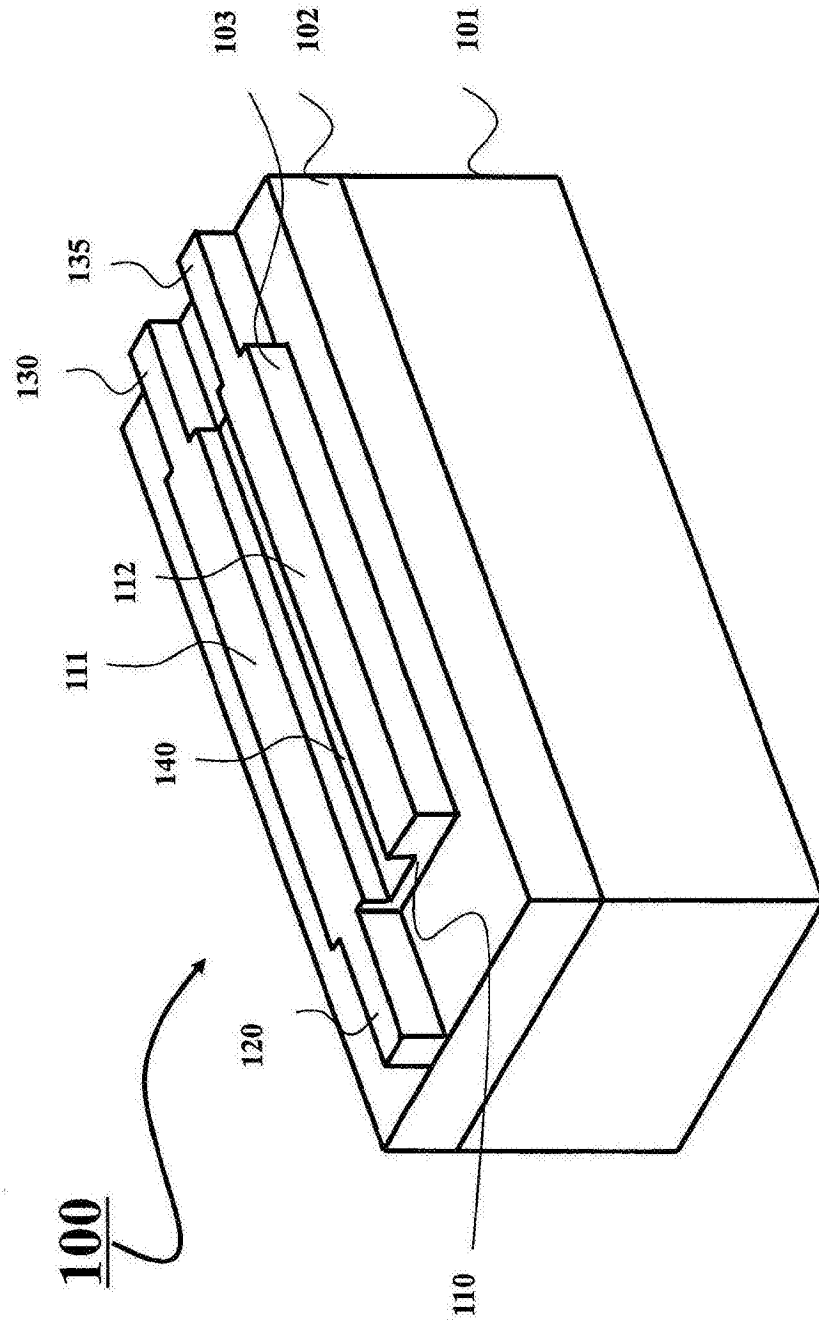


图1

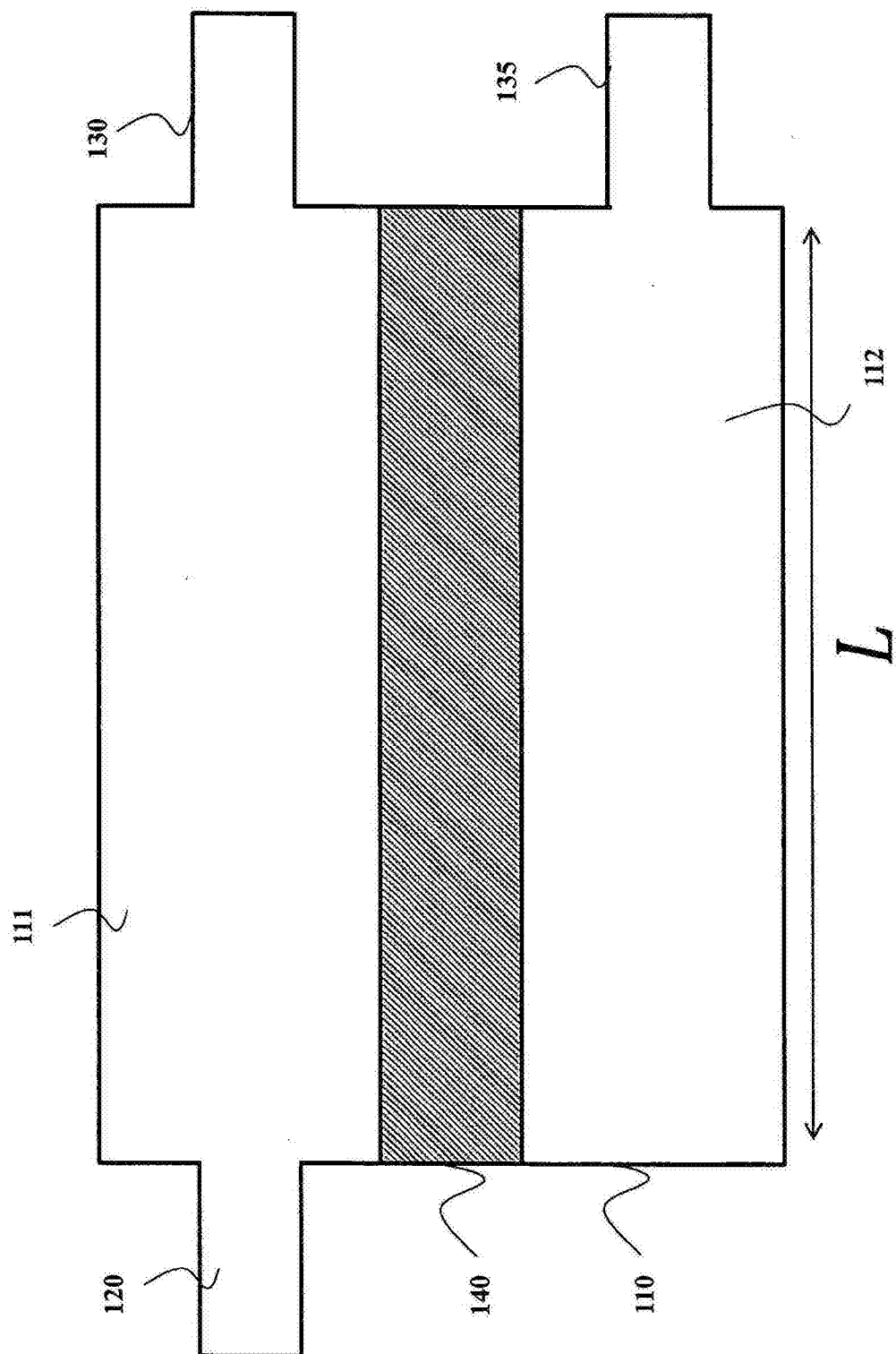


图2

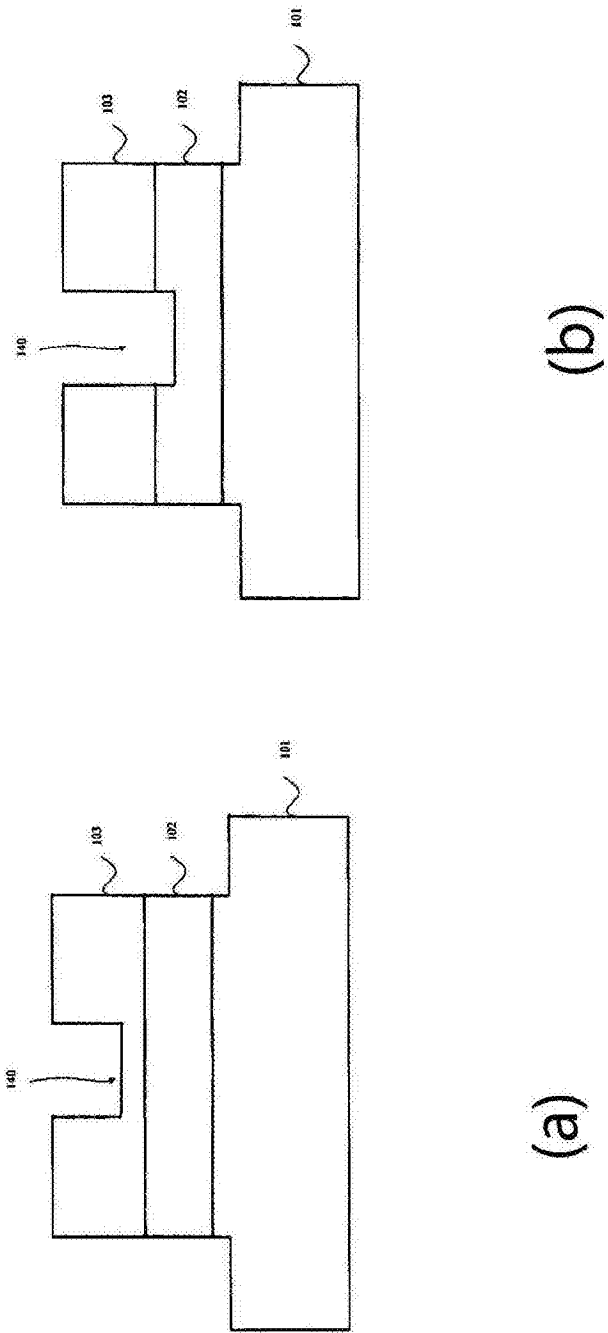


图3

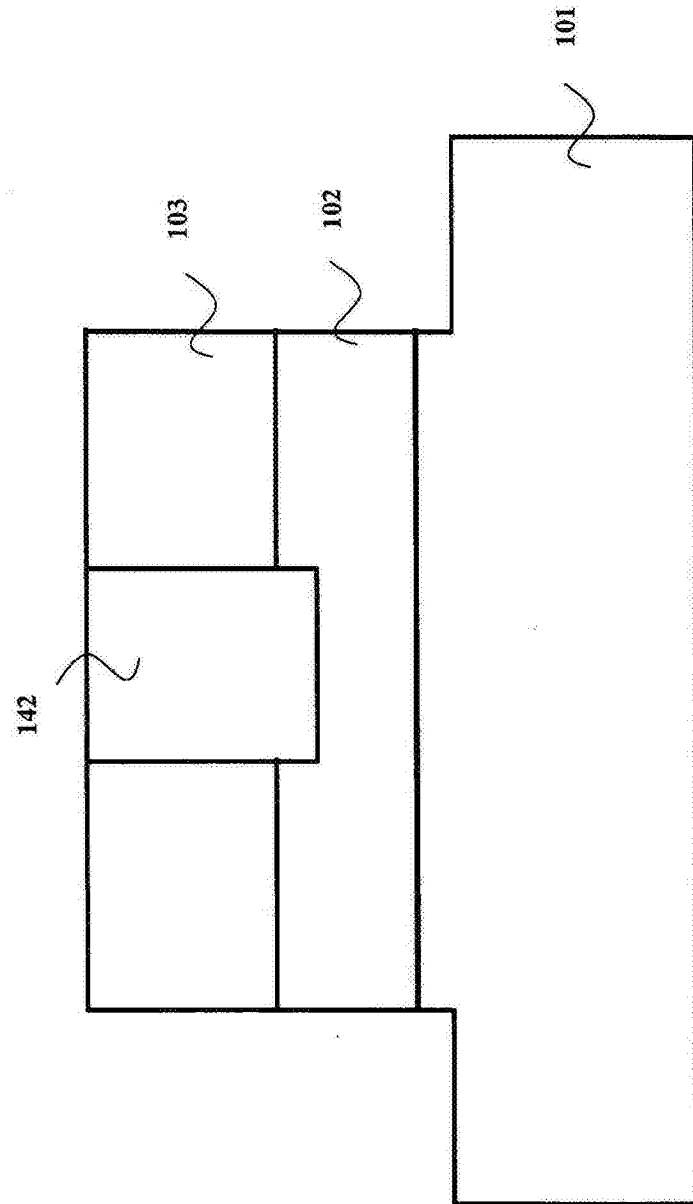


图4

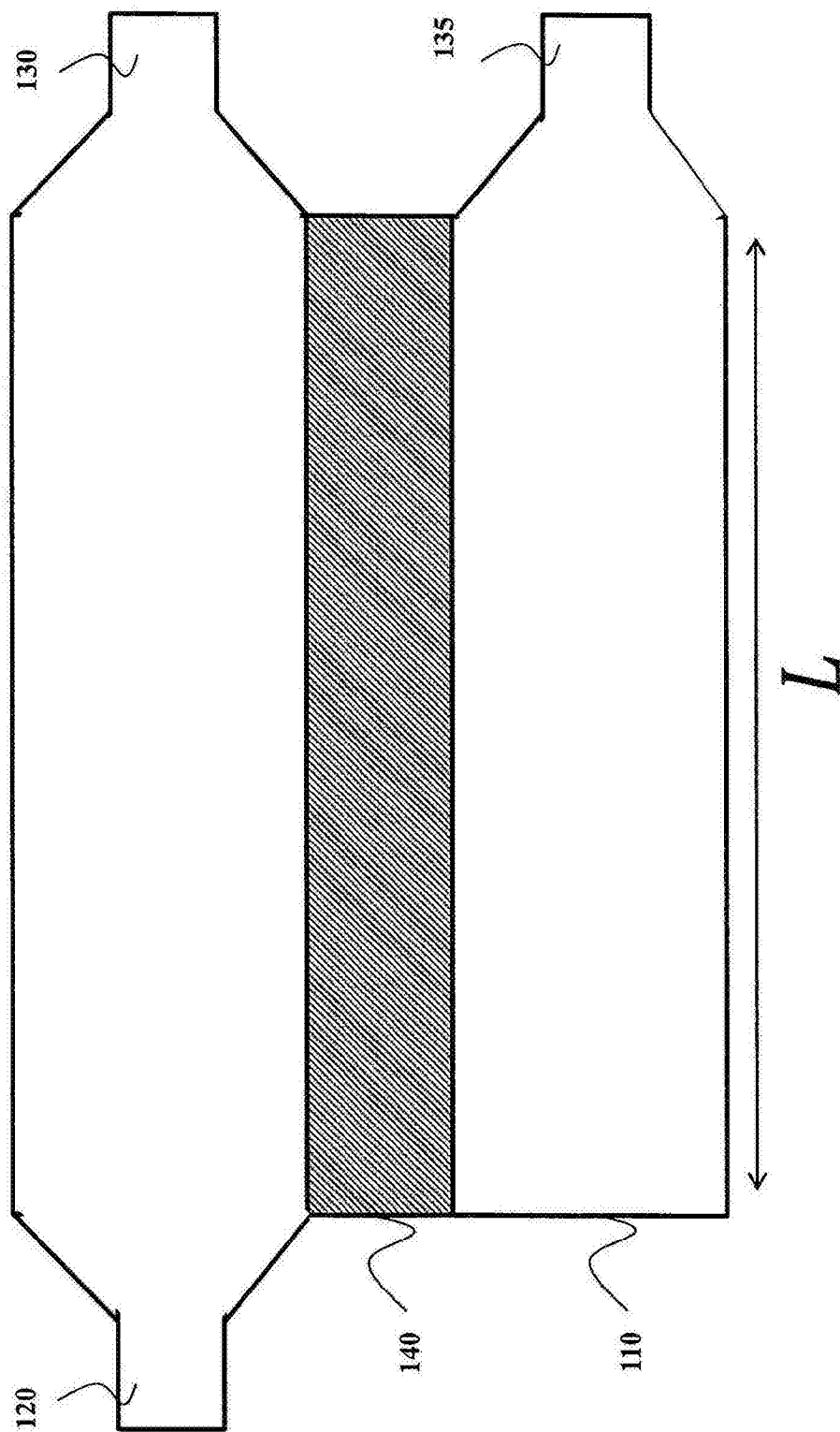


图5

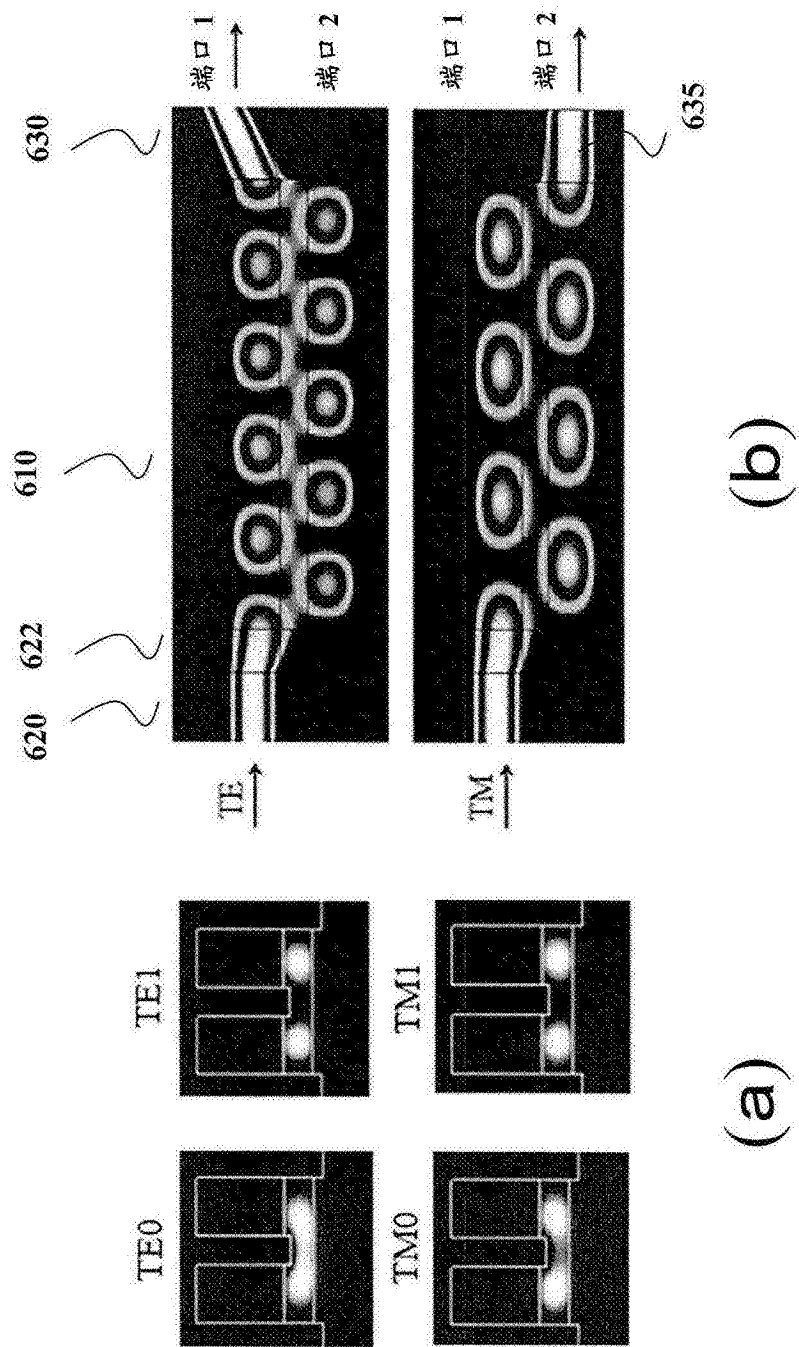


图6