



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105226502 A

(43) 申请公布日 2016. 01. 06

(21) 申请号 201410323884. 4

(22) 申请日 2014. 06. 30

(71) 申请人 山东华光光电子有限公司

地址 250101 山东省济南市高新区天辰大街
1835 号

(72) 发明人 王金翠 沈燕 张木青 刘欢
徐现刚

(51) Int. Cl.

H01S 5/343(2006. 01)

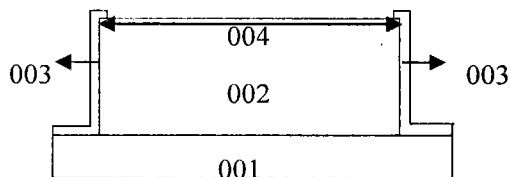
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种窄脊条型 GaAs 基 GaInP 量子阱结构半导体激光器的制备方法

(57) 摘要

本发明一种窄脊条型 GaAs 基 GaInP 量子阱结构半导体激光器的制备方法,通过在外延片上面旋涂光刻胶后利用 PECVD 生长干法刻蚀的掩膜,再选用合适的光刻版通过光刻制备需要的掩膜图形,采用干法刻蚀的方式刻蚀掉没有保护处的掩膜和光刻胶,制备出所需要的掩膜图形以及与掩膜图形一致的光刻胶图形,而且光刻胶图形在掩膜图形的下面,再利用干法刻蚀的方式制备出侧面垂直且形貌比较好的脊型结构,最后生长电流阻挡层,剥离光刻胶去掉脊条上面的电流阻挡层,制备出侧面垂直形貌良好的脊型结构。本方法不仅可以利用干法刻蚀的方式制备出侧面垂直形貌良好无盖帽的脊型结构,还采用剥离生长电流阻挡层的方式,在脊条上面形成良好的欧姆接触,防止电流侧向泄露,减小激光器的阈值电流,提高激光器的性能。



1. 一种窄脊条型 GaAs 基 GaInP 量子阱结构半导体激光器的制备方法,其特征在于,该方法包括步骤如下:

(1) 生长外延层

在 GaAs 衬底上利用 MOCVD 法自下而上依次生长 n 限制层、波导层、GaInP 量子阱有源区、波导层、P 限制层、GaAs 接触层结构,得到 GaAs 基外延片;

(2) 旋涂光刻胶

在外延片上面旋涂正性光刻胶形成光刻胶层,厚度为 10000\AA - 15000\AA ;

(3) 生长干法刻蚀掩膜

在旋涂有光刻胶的外延片上利用 PECVD 工艺生长一层干法刻蚀所需要的 SiO_2 掩膜,厚度为 3000\AA - 5000\AA ;

(4) 光刻、刻蚀图形

在上述掩膜上旋涂一层光刻胶,光刻胶厚度为 30000\AA - 35000\AA ;利用预定尺寸的光刻版对光刻胶进行光刻得到所需要的图形,并进行坚膜或烘烤,然后采用干法刻蚀的方法刻蚀掉没有光刻胶保护的掩膜,制备出所需要的掩膜图形以及与掩膜图形一致的光刻胶图形,然后去掉掩膜上面的光刻胶;

(5) 干法刻蚀

采用干法刻蚀的方法,利用 SiO_2 作为掩膜,刻蚀掉 GaAs、GaInP 以及 AlGaInP;

(6) 生长电流阻挡层

在制备好的样品上,利用 PECVD 法生长一层电流阻挡层 SiO_2 ,厚度为 1000\AA - 2000\AA ;

(7) 剥离电流阻挡层

采用现有技术剥离脊条上面光刻胶位置处的电流阻挡层,在脊条上面形成电流注入区;

(8) 最后将制备好的样品再经过沉积电极、减薄、退火以及封装等步骤制备得到 GaAs 基激光器。

2. 根据权利要求 1 所述一种窄脊条型 GaAs 基 GaInP 量子阱结构半导体激光器的制备方法,其特征在于,所述步骤 (2) 中在烘箱内 90°C - 110°C 下烘烤 15-30min 或者热板 90°C - 110°C 烘烤 1-4min 去除光刻胶中的溶剂。

3. 根据权利要求 1 所述一种窄脊条型 GaAs 基 GaInP 量子阱结构半导体激光器的制备方法,其特征在于,所述步骤 (4) 中对光刻得到的图形在烘箱内 98°C 下坚膜 20-30min 或者热板 90°C - 110°C 烘烤 1-4min。

4. 根据权利要求 1 所述一种窄脊条型 GaAs 基 GaInP 量子阱结构半导体激光器的制备方法,其特征在于,所述步骤 (4)、(5) 中干法刻蚀方法为 ICP 或 RIE 干法刻蚀。

一种窄脊条型 GaAs 基 GaInP 量子阱结构半导体激光器的制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种窄脊条型 GaAs 基 GaInP 量子阱结构半导体激光器的制备方法,属于半导体技术领域。

背景技术

[0002] 半导体激光器自问世以来,作为一种新型的光源,由于其体积小、功率高、寿命长、使用方便等优点,在光存储、光通信以及国防、医疗等领域备受青睐。尤其是高功率单模激光器有着重要的应用。在半导体激光器的生产工艺中,想要制备出侧面垂直形貌良好的脊型结构,尤其是脊条宽度为 $2\mu\text{m}$ - $5\mu\text{m}$ 的激光器,一般采用干法刻蚀的方式。但是制备出 P 型电极与脊条具有良好的欧姆接触的脊型结构,是非常的困难。为了解决这一技术难题,一种方法是可以使用二次光刻进行套刻的方式实现,这种方式的光刻工艺窗口比较小,而且需要的设备比较昂贵,对于线条宽度比较小的图形依然比较难实现,一般只能使电流阻挡层的窗口宽度大于脊条的宽度;另外一种方式是光刻胶的微缩技术,先借助于光刻胶以及预定尺寸的光刻版,利用光刻技术在衬底上面形成与掩膜版对应的第一线宽的光刻胶图形,通过一定的方式将光刻胶的尺寸减小为第二线宽,再通过化学或者物理方法,将未有光刻胶掩蔽的材料层有选择的移除,采用此种方式可以使电流阻挡层覆盖到第二线宽的边缘,而不需要再次光刻,但是对于高端窄脊条激光器来说,采用干法刻蚀光刻胶很难满足刻蚀掩膜的需要。

[0003] 在前期大线宽的半导体激光器制备工艺中,脊形结构的制备都是由传统的湿法工艺进行的。湿法腐蚀具有腐蚀速率快,选择比高等显著优点,但同时具有各向同性的特点。对于窄条单模激光器而言,由于特征尺寸较小,各向同性腐蚀引起的上下线宽的不一致及特征线宽的可控性差就显得尤为突出。由于外延材料的复杂性,针对各层材料选用不同性质的腐蚀液进行分层腐蚀,极易引起脊条盖帽的出现。

[0004] 干法刻蚀可以获得小线宽、侧壁陡直的脊形波导结构。在含 In 材料的刻蚀中,一般都选取较高的衬底温度或者高的射频轰击功率以利于刻蚀产物中含 In 卤化物的挥发及去除,以得到较高的刻蚀速率和光滑表面。由于一般光胶难以抵受等离子轰击作用产生的芯片表面高温,边缘线条易发生变形,甚至碳化。因此含 In 材料的刻蚀多选取金属或者 $\text{SiO}_2/\text{SiN}_x$ 掩膜。为了得到好的脊形结构及脊区电流的有效注入,可采用干法结合二次光刻进行套刻的方式实现,但这种方法却难以保证脊条两侧靠近脊条区域的阻挡层覆盖。

[0005] 中国专利 CN101042536A 提供了一种在半导体器件的光刻过程中缩小用于形成接触孔的光刻胶图案的临界尺寸,从而得到临界尺寸在 90nm 以下的接触孔图案的方法,该专利的主要技术是在曝光后的图形光刻胶上涂布光酸抑制剂,通过二次曝光、烘烤、显影得到临界尺寸缩小的接触孔图案。但是,其需要在第一次曝光未显影之前进行,无法首先在衬底上面形成与光刻版图形尺寸一致的图形。

[0006] 中国专利 CN1288719C 讲述了在具有第一线宽的图形光刻胶上面旋涂一化学扩散

层,扩散层内的化学物质与图形光刻胶进行化学反应,在光刻胶的表层形成一反应层,然后将该化学反应层移除以修正图形光刻胶得到第二线宽,实现缩小图形尺寸的效果。

[0007] 上述两种方式都是通过对第一次曝光后的图形光刻胶旋涂化学物质后二次曝光、显影达到缩小光刻胶尺寸的目的。在半导体工艺中,有些工艺步骤中需要光刻胶作为掩膜进行一些湿法腐蚀以后,在衬底上面得到与光刻版图尺寸一致的图形以后,再缩小掩膜光刻胶的尺寸进行后面的工艺。如果在去除不需要的材料层以形成所需要图形的衬底上面再旋涂其它的化学物质,可能会对没有光刻胶保护处的材料形成一定的损伤。另外,使用光刻胶做掩膜,进行湿法腐蚀,无法形成侧面垂直形貌良好脊型结构,而且容易出现脊条的盖帽现象。

[0008] Soohaeng Cho J. Vac. Sci. Technol. 在 B23, (5),1873, Sep/Oct2005 发表的“Formation of vertical ridge structure in 660nm laser diodes for high power single mode operation”讲述了一种制备出侧面垂直形貌良好的脊型结构的方法,但是没有讲述怎么样在脊条的上面形成一个良好的电流注入区。

发明内容

[0009] 针对现有技术不足,本发明提供了一种窄脊条型 GaAs 基 GaInP 量子阱结构半导体激光器的制备方法,利用本方法既可以制备出侧面垂直形貌良好的脊型结构,同时保证 P 型电极与脊条形成良好的欧姆接触,尤其适用于脊型比较窄 ($2-5\ \mu\text{m}$) 的半导体激光器。

[0010] 本发明提供了一种在外延片上面旋涂光刻胶后利用 PECVD 生长干法刻蚀的掩膜,然后再选用合适的光刻版通过光刻制备需要的掩膜图形,采用干法刻蚀的方式刻蚀掉没有保护处的掩膜和光刻胶,制备出所需要的掩膜图形以及与掩膜图形一致的光刻胶图形,而且光刻胶图形在掩膜图形的下面,再利用干法刻蚀的方式制备出侧面垂直且形貌比较好的脊型结构,最后生长电流阻挡层,剥离光刻胶去掉脊条上面的电流阻挡层,制备出侧面垂直形貌良好的脊型结构。

[0011] 术语解释:

[0012] 1、GaAs 基激光器:以 AlGaAs/GaAs、GaInAsP/InP 等 III-V 族化合物半导体及其某些固溶体等直接带隙化合物半导体材料制备的半导体激光器。1962 年 9 月通用电气公司的霍尔观察到正向偏置的 GaAs 的相光发射,标志着世界上第一台半导体激光器的诞生。半导体激光器的激射波长取决于材料的带隙,并且只有直接带隙的材料才能产生激射,它可使注入的电子-空穴直接发生辐射复合,从而得到较高的电光转换效率,并且能够提供足够大的光增益而达到激光阈值。发射波长为 660nm 的 GaInAsP/InP 激光二极管是最先取得突破的可见激光二极管,与 InP 晶格匹配的异质结 GaInAsP/InP、GaInAs/InP 激光器覆盖了 $1.3-1.5\ \mu\text{m}$ 近红外波段的光通信窗口。现已制出发射波长 $3.5-5\ \mu\text{m}$ 、 $8-19\ \mu\text{m}$ 的 InP 基 GaInAs/InAlAs 量子阱激光器。

[0013] 2、干法刻蚀:干法刻蚀是用等离子体进行刻蚀的技术。当气体以等离子体形式存在时,它具备两个特点,一方面等离子体中的这些气体化学活性比常态下时要强很多,根据被刻蚀材料的不同,选择合适的气体,就可以更快地与材料进行反应,实现刻蚀去除的目的;另一方面,还可以利用电场对等离子体进行引导和加速,使其具备一定能量,当其轰击被刻蚀物的表面时,会将刻蚀物材料的原子击出,从而达到利用物理上的能量转移来实

现刻蚀的目的。

[0014] 3、ICP 刻蚀：即感应耦合等离子体刻蚀，利用高密度等离子体引起的化学反应和反应气体离子轰击产生的物理作用进行刻蚀，属于干法刻蚀的一种。

[0015] 4、RIE 刻蚀：一种采用化学反应和物理离子轰击去除晶片表面材料的技术，属于干法刻蚀的一种。

[0016] 5、PECVD：Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition，等离子体化学气相沉积。

[0017] 6、MOCVD：Metal-organic Chemical Vapor Deposition，金属有机化学气相沉积。

[0018] 本发明的技术方案如下：

[0019] 一种窄脊条型 GaAs 基 GaInP 量子阱结构半导体激光器的制备方法，包括步骤如下：

[0020] (1) 生长外延层

[0021] 在 GaAs 衬底上利用 MOCVD 法自下而上依次生长 n 限制层、波导层、GaInP 量子阱有源区、波导层、p 限制层、GaAs 接触层结构，得到 GaAs 基外延片；

[0022] (2) 旋涂光刻胶

[0023] 在外延片上面旋涂正性光刻胶形成光刻胶层，厚度为 10000Å – 15000Å ；

[0024] (3) 生长干法刻蚀掩膜

[0025] 在旋涂有光刻胶的外延片上利用 PECVD 工艺生长一层干法刻蚀所需要的 SiO_2 掩膜，厚度为 3000Å – 5000Å ；

[0026] (4) 光刻、刻蚀图形

[0027] 在上述掩膜上旋涂一层光刻胶，光刻胶厚度为 30000Å – 35000Å ；利用预定尺寸的光刻版对光刻胶进行光刻得到所需要的图形，并进行坚膜或烘烤，然后采用干法刻蚀的方法刻蚀掉没有光刻胶保护的掩膜，制备出所需要的掩膜图形以及与掩膜图形一致的光刻胶图形，然后去掉掩膜上面的光刻胶；

[0028] (5) 干法刻蚀

[0029] 采用干法刻蚀的方法，利用 SiO_2 作为掩膜，刻蚀掉 GaAs、GaInP 以及 AlGaInP；

[0030] (6) 生长电流阻挡层

[0031] 在制备好的样品上，利用 PECVD 法生长一层电流阻挡层 SiO_2 ，厚度为 1000Å – 2000Å ；

[0032] (7) 剥离电流阻挡层

[0033] 采用现有工艺剥离脊条上面光刻胶位置处的电流阻挡层，在脊条上面形成电流注入区；

[0034] (8) 最后将制备好的样品再经过沉积电极、减薄、退火以及封装等步骤制备得到 GaAs 基激光器。

[0035] 根据本发明优选的，所述步骤 (2) 中在烘箱内 90°C – 110°C 下烘烤 15–30min 或者热板 90°C – 110°C 烘烤 1–4min 去除光刻胶中的溶剂；

[0036] 根据本发明优选的，所述步骤 (4) 中对光刻得到的图形在烘箱内 98°C 下坚膜 20–30min 或者热板 90°C – 110°C 烘烤 1–4min；

[0037] 根据本发明优选的，所述步骤 (4)、(5) 中干法刻蚀方法为 ICP 或 RIE 干法刻蚀。

[0038] 本发明上述技术方案中未作详细说明和限定的,均按照半导体激光器制作的现有技术。

[0039] 本发明的有益效果:

[0040] 1、本发明利用干法刻蚀的方法可以制备出侧面垂直形貌良好无盖帽的脊型结构;

[0041] 2、本发明还采用剥离生长电流阻挡层的方式,能在脊条上面形成良好的欧姆接触,防止电流侧向泄露,减小激光器的阈值电流,提高激光器的性能。

[0042] 3、采用干法刻蚀和剥离生长电流阻挡层相结合的方法,避免了二次光刻,操作方便,简化了工艺步骤,不用另外购买昂贵的仪器设备。

附图说明

[0043] 图1为本发明的工艺流程图。

[0044] 图2为本发明采用干法刻蚀与剥离工艺生长 SiO_2 以后脊条的剖面图。

[0045] 图3为现有方法采用干法刻蚀与二次套刻腐蚀 SiO_2 以后脊条的剖面图。

[0046] 图4为现有方法采用湿法腐蚀与剥离生长 SiO_2 以后脊条的剖面图。

[0047] 图中,001为衬底和部分外延层,002为被保护的外延层,003为电流阻挡层,004为脊条的宽度。

具体实施方式

[0048] 下面结合具体实例对本发明做进一步说明,除了这些详细描述外,本发明还可以广泛地应用在其他实施例中。

[0049] 实施例1、

[0050] 一种窄脊条型GaAs基GaInP量子阱结构半导体激光器的制备方法,工艺流程如图1所示,具体步骤如下:

[0051] (1) 生长外延层

[0052] 在GaAs衬底上利用MOCVD法自下而上依次生长n限制层、波导层、GaInP量子阱有源区、波导层、P限制层、GaAs接触层结构,得到GaAs基外延片;

[0053] (2) 在外延片上面旋涂厚度为12000Å的正性光刻胶形成光刻胶层,将涂有光刻胶的晶片在烘箱内98°C下,烘烤25min去除光刻胶中的溶剂;

[0054] (3) 在旋涂有光刻胶的外延片上利用PECVD工艺生长一层ICP干法刻蚀所需要的 SiO_2 掩膜,厚度为4000 Å;

[0055] (4) 在上述掩膜上旋涂一层厚度为35000Å的光刻胶,利用预定尺寸的光刻版对光刻胶进行光刻得到所需要的图形,在烘箱内98°C下坚膜25min,然后采用ICP刻蚀的方法刻蚀掉没有光刻胶保护的掩膜,以及下面的光刻胶,制备出所需要的掩膜图形以及与掩膜图形一致的光刻胶图形,然后去掉 SiO_2 掩膜上面的光刻胶;

[0056] (5) 采用ICP干法刻蚀的方法,利用 SiO_2 作为掩膜,刻蚀掉GaAs、GaInP以及AlGaInP;

[0057] (6) 在制备好的样品上,利用PECVD法生长一层电流阻挡层 SiO_2 ,厚度为1500 Å;

[0058] (7) 采用现有工艺剥离掉脊条上面光刻胶位置处的电流阻挡层,在脊条上面形成

的电流注入区；

[0059] (8) 最后将制备好的样品再经过沉积电极、减薄、退火以及封装等工步制备得到 GaAs 激光器。

[0060] 实施例 2、

[0061] 一种窄脊条型 GaAs 基 GaInP 量子阱结构半导体激光器的制备方法, 工艺流程如图 1 所示, 具体步骤如下：

[0062] (1) 生长外延层

[0063] 在 GaAs 衬底上利用 MOCVD 法自下而上依次生长 n 限制层、波导层、GaInP 量子阱有源区、波导层、P 限制层、GaAs 接触层结构, 得到 GaAs 基外延片；

[0064] (2) 在外延片上面旋涂厚度为 10000Å 的正性光刻胶形成光刻胶层, 将涂有光刻胶的晶片在热板 98°C 下, 烘烤 2min 去除光刻胶中的溶剂；

[0065] (3) 在旋涂有光刻胶的外延片上利用 PECVD 工艺生长一层 RIE 干法刻蚀所需要的 SiO₂ 掩膜, 厚度为 3000 Å；

[0066] (4) 在上述掩膜上旋涂一层厚度为 30000Å 的光刻胶, 利用预定尺寸的光刻版对光刻胶进行光刻得到所需要的图形, 放在热板 98°C 下烘烤 2min 进行坚膜, 然后采用 RIE 干法刻蚀的方法刻蚀掉没有光刻胶保护的掩膜, 以及下面的光刻胶, 制备出所需要的掩膜图形以及与掩膜图形一致的光刻胶图形, 然后去掉 SiO₂ 掩膜上面的光刻胶；

[0067] (5) 采用 RIE 干法刻蚀的方法, 利用 SiO₂ 作为掩膜, 刻蚀掉 GaAs、GaInP 以及 AlGaInP；

[0068] (6) 在制备好的样品上, 利用 PECVD 法生长一层电流阻挡层 SiO₂, 厚度为 1000 Å；

[0069] (7) 采用现有工艺剥离掉脊条上面光刻胶位置处的电流阻挡层, 在脊条上面形成的电流注入区；

[0070] (8) 最后将制备好的样品再经过沉积电极、减薄、退火以及封装等工步制备得到 GaAs 激光器。

[0071] 实施例 3、

[0072] 一种窄脊条型 GaAs 基 GaInP 量子阱结构半导体激光器的制备方法, 工艺流程如图 1 所示, 具体步骤如下：

[0073] (1) 生长外延层

[0074] 在 GaAs 衬底上利用 MOCVD 法自下而上依次生长 n 限制层、波导层、GaInP 量子阱有源区、波导层、P 限制层、GaAs 接触层结构, 得到 GaAs 基外延片；

[0075] (2) 在外延片上面旋涂厚度为 13000Å 的正性光刻胶形成光刻胶层, 将涂有光刻胶的晶片在烘箱内 98°C 下, 烘烤 30min 去除光刻胶中的溶剂；

[0076] (3) 在旋涂有光刻胶的外延片上利用 PECVD 工艺生长一层 RIE 干法刻蚀所需要的 SiO₂ 掩膜, 厚度为 5000 Å；

[0077] (4) 在上述掩膜上旋涂一层厚度为 35000Å 的光刻胶, 利用预定尺寸的光刻版对光刻胶进行光刻得到所需要的图形, 在烘箱内 98°C 下坚膜 30min, 然后采用 RIE 干法刻蚀的方法刻蚀掉没有光刻胶保护的掩膜, 以及下面的光刻胶, 制备出所需要的掩膜图形以及与掩膜图形一致的光刻胶图形, 然后去掉 SiO₂ 掩膜上面的光刻胶；

[0078] (5) 采用 RIE 干法刻蚀的方法, 利用 SiO₂ 作为掩膜, 刻蚀掉 GaAs、GaInP 以及

AlGaInP ;

[0079] (6) 在制备好的样品上,利用 PECVD 法生长一层电流阻挡层 SiO_2 ,厚度为2000 Å;

[0080] (7) 采用现有工艺剥离掉脊条上面光刻胶位置处的电流阻挡层,在脊条上面形成的电流注入区;

[0081] (8) 最后将制备好的样品再经过沉积电极、减薄、退火以及封装等工步制备得到 GaAs 激光器。

[0082] 如图 2 所示,通过上述方法制备得到的 GaAs 基 GaInP 量子阱结构半导体激光器脊条形貌以及电流阻挡层 SiO_2 的覆盖情况与现有方法(如图 3、4 所示)制备的有明显的差别。如图 2 所示采用本专利制备的窄条激光器的脊型不仅侧面垂直形貌良好无盖帽,而且将电流阻挡层覆盖到脊条的边缘上面,在脊条上面形成良好的欧姆接触;图 3 所示,电流阻挡层没有覆盖到脊条的上面,容易电流侧向泄露,增大激光器的阈值电流;图 4 所示,采用湿法腐蚀无法形成侧面垂直形貌良好无盖帽的脊型结构。

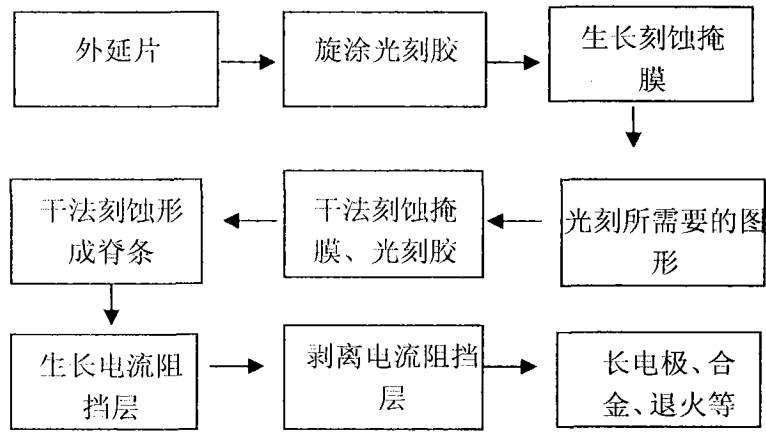


图 1

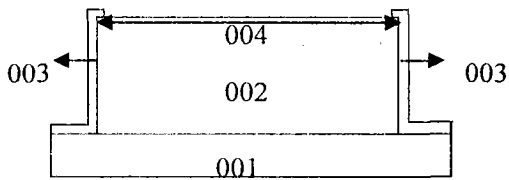


图 2

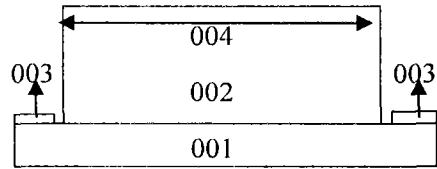


图 3

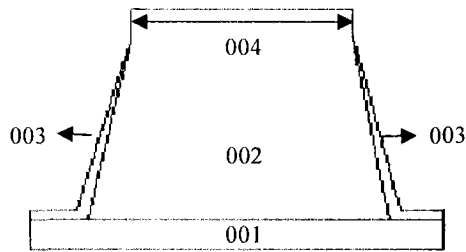


图 4