

集成纳米微腔电流放大器

申请号：[201110129792.9](#)

申请日：2011-05-19

申请(专利权)人 [中国科学院长春光学精密机械与物理研究所](#)
地址 130033 吉林省长春市东南湖大路3888号
发明(设计)人 [陈泳屹](#) [秦莉](#) [王立军](#) [宁永强](#) [刘云](#)
主分类号 [H03F3/21\(2006.01\)I](#)
分类号 [H03F3/21\(2006.01\)I](#)
公开(公告)号 102347736A
公开(公告)日 2012-02-08
专利代理机构 [长春菁华专利商标代理事务所](#) 22210
代理人 [张伟](#)



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102347736 B

(45) 授权公告日 2014. 06. 18

(21) 申请号 201110129792. 9

(22) 申请日 2011. 05. 19

(73) 专利权人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路 3888 号

(72) 发明人 陈泳屹 秦莉 王立军 宁永强 刘云

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 张伟

(51) Int. Cl.

H01L 33/00 (2010. 01)

(56) 对比文件

CN 101017875 A, 2007. 08. 15,

CN 1578127 A, 2005. 02. 09,

CN 1551503 A, 2004. 12. 01,

许高斌 等. 碳纳米管场效应晶体管设计与应用. 《电子测量与仪器学报》. 2010, 第 24 卷 (第 10 期),

何自立. 全对称光电耦合功率放大器. 《韶关大学韶关师专学报(自然科学版)》. 1991, (第 44 期),

审查员 张明霞

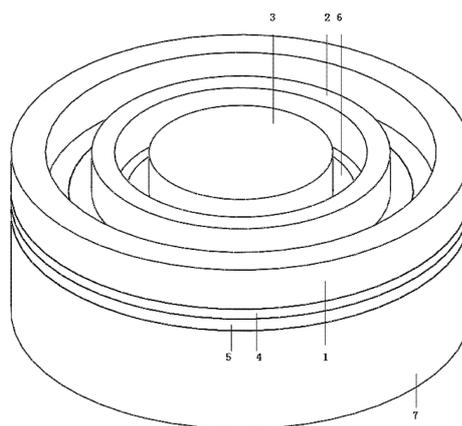
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54) 发明名称

集成纳米微腔电流放大器

(57) 摘要

集成纳腔电流放大器属于新结构的电流放大器, 包括电流放大电极、信号电极、总电流电极、n 型掺杂波导、p 型掺杂波导、电致发光材料和衬底, 在衬底上集成有电致发光材料和 p 型掺杂波导, 在 p 型掺杂波导结构上集成有 n 型掺杂波导, n 型掺杂波导、p 型掺杂波导、电致发光材料的顶面在同一平面上, 并且粗糙度小于 2 纳米, 在 n 型掺杂波导顶部集成有电流放大电极, p 型掺杂波导顶部集成有信号电极, 电致发光材料顶部集成有总电流电极。本发明的电流放大器具有尺寸小、反应速度快、高频特性好于目前商用的三极管器件, 并且除了提供三极管类似的电流放大效果之外, 还可以用作纳米微腔发光器件, 其应用广泛, 并不限于本身三极管的工作范围。



1. 集成纳腔电流放大器,其特征在于,该放大器包括电流放大电极(1)、信号电极(2)、总电流电极(3)、n型掺杂波导(4)、p型掺杂波导(5)、电致发光材料(6)和衬底(7),在衬底(7)上集成有电致发光材料(6)和p型掺杂波导(5),在p型掺杂波导(5)结构上集成有n型掺杂波导(4),n型掺杂波导(4)、p型掺杂波导(5)、电致发光材料(6)的顶面在同一平面上,并且粗糙度小于2纳米,在n型掺杂波导(4)顶部集成有电流放大电极(1),p型掺杂波导(5)顶部集成有信号电极(2),电致发光材料(6)顶部集成有总电流电极(3),所述n型掺杂波导(4)、p型掺杂波导(5)和电致发光材料(6),这3个结构在垂直方向上厚度小于电致发光材料(6)在通电情况下发光波长的一半。

2. 根据权利要求1所述的集成纳腔电流放大器,其特征在于,所述电流放大电极(1)与信号电极(2)、信号电极(2)与总电流电极(3)之间的距离均小于等于100纳米。

集成纳米微腔电流放大器

技术领域

[0001] 本发明属于新结构的电流放大器,涉及一种集成纳米微腔电流放大器。

背景技术

[0002] 当今社会,光电子器件正起到越来越重要的作用。人们对更高速的电脑运行速度要求和各行各业对光电子器件的越来越多的需求正导致光电子器件尺寸的小型化,并且要有良好的高速反应特性和高频特性。随着纳米微加工技术的发展和成熟,光电子器件在小型化上也正在飞速的发展。在过去的数十年中光电子器件的尺寸持续减小,并且这个趋势也会持续下去。

[0003] 由于器件尺寸的减小,传统器件的理论正面临量子力学的挑战。由于能带结构、泡利不相容原理等量子力学效应带来的载流子费米能级分布将代替经典意义上的波尔兹曼分布。为了突破传统器件的量子理论局限,新兴的纳米光电子器件正在越来越多的被国际关注。碳纳米管、纳米线、量子点等等被广泛研究和学习。

[0004] 在传统的光电器件中,虽然有着很好的响应速度和高频特性,但是由于光波长的限制和衍射效应的影响,很难将器件尺寸做到亚波长甚至纳米量级。而传统的电子器件虽然可以将尺寸做到纳米量级,但是又由于其过于依赖电子漂移速度,使得响应速度和高频特性较低,在高频区往往面临无法工作的难题。以通常意义上的场效应三极管为例,为了获得更高的响应速度,不得不将基区宽度做的很窄,但是理论上又面临着基区宽度过窄导致的量子隧穿和基区宽度调变效应的影响。

[0005] 表面等离子体激元是指光子与导体中的自由电子相互作用而被俘获,外来电磁场激发引起的金属中电荷密度涨落,产生集体振荡,辐射出的电磁模式。这种电磁模式满足麦克斯韦方程组,并且在垂直导体表面的两个方向上都成指数衰减,能量不能够从表面逃逸,从而自由电子和光波产生的持续性共振,使得光的波矢量发生改变从而被局域在导体表面传播。

[0006] 鉴于表面等离子体激元的特性,它可以将电磁场能量限制在亚波长甚至纳米量级,而且其反应速度远远高于传统的电子器件,是一种同时实现高反应速度和小尺寸光电子器件的解决办法,并在国际上被广为研究。

发明内容

[0007] 为了实现上述目的,本发明提供一种基于表面等离子体激元效应、尺寸纳米量级具有良好反应速度和高频特性的集成纳米微腔电流放大器。

[0008] 集成纳腔电流放大器,包括电流放大电极、信号电极、总电流电极、n型掺杂波导、p型掺杂波导、电致发光材料和衬底,在衬底上集成有电致发光材料和p型掺杂波导,在p型掺杂波导结构上集成有n型掺杂波导,n型掺杂波导、p型掺杂波导、电致发光材料的顶面在同一平面上,并且粗糙度小于2纳米,在n型掺杂波导顶部集成有电流放大电极,p型掺杂波导顶部集成有信号电极,电致发光材料顶部集成有总电流电极。

[0009] 本发明的电流放大器具有尺寸小、反应速度快、高频特性好于目前商用的三极管器件,并且除了提供三极管类似的电流放大效果之外,还可以用作纳米微腔发光器件。其应用广泛,并不限于本身三极管的工作范围。

附图说明

[0010] 图 1 为本发明集成纳米微腔电流放大器的立体图。

[0011] 图 2 为本发明集成纳米微腔电流放大器剖面的平面图。

[0012] 图 3 为本发明的共信号电极电流放大接法。

[0013] 图 4 为本发明的共总电流电极电流放大接法。

[0014] 图 5 为本发明的正偏纳米光源发光接法。

[0015] 图中:1、电流放大电极、2、信号电极、3、总电流电极、4、n 型掺杂波导、5、p 型掺杂波导、6、电致发光材料,7、衬底。

具体实施方式

[0016] 以下结合附图对本发明的具体实施方式做详细说明。

[0017] 如图 1 图 2 所示,集成纳腔电流放大器,包括电流放大电极 1、信号电极 2、总电流电极 3、n 型掺杂波导 4、p 型掺杂波导 5、电致发光材料 6 和衬底 7,在衬底 7 上集成有电致发光材料 6 和 p 型掺杂波导 5,在 p 型掺杂波导 5 结构上集成有 n 型掺杂波导 4, n 型掺杂波导 4、p 型掺杂波导 5、电致发光材料 6 的顶面在同一平面上,并且粗糙度小于 2 纳米,在 n 型掺杂波导 4 顶部集成有电流放大电极 1, p 型掺杂波导 5 顶部集成有信号电极 2,电致发光材料 6 顶部集成有总电流电极 3。

[0018] 所述 n 型掺杂波导 4、p 型掺杂波导 5、电致发光材料 6,这 3 个结构的厚度结构小于电致发光材料 6 在通电情况下发光波长的一半,形成亚波长的光波导微腔结构。

[0019] 所述电流放大电极 1 和信号电极 2 之间,信号电极 2 和总电流电极 3 之间的距离都很小,在保证电极通电之后不会被电击穿的基础上,在理论计算上要使得漏出器件之外的能量尽可能的小,均小于等于 100 纳米。

[0020] 在电流放大工作方式时,采用共信号电极接法或者共总电流电极接法,其中电流放大电极与信号电极之间电压反偏形成光电二极管结构,总电流电极相对信号电极反偏,当电流放大电极相对信号电极正偏的时候,器件处于发光模式工作,可以用作纳米量级的光源。

[0021] 本发明中,衬底 7 为 GaAs 材料,电致发光材料 6 是通过外延生长技术,在 GaAs 衬底上制作多量子阱结构,其中量子阱的上下波导层采用 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 材料,有源层的量子阱结构采用 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 或 GaAs 材料。电致发光材料 6 的总厚度为 200nm,直径 200nm。

[0022] 制作出电致发光材料 6 的结构之后,再通过刻蚀、二次外延生长、磁控溅射的方法,制作 n 型掺杂波导 4、p 型掺杂波导 5 组成的光电二极管结构,选用材料为:n 型掺杂波导 4 采取 $\text{N}^+\text{-InP}$,p 型掺杂波导 5 采取 P-InGaAs 。保证 n 型掺杂波导 4、p 型掺杂波导 5 的厚度与电致发光材料 6 的厚度相等或者近似。n 型掺杂波导 4、p 型掺杂波导 5 的厚度与电致发光材料 6 组成的圆环结构,内环直径为 200nm,与电致发光材料 6 相连,外环直径为 400nm。

[0023] 最后通过真空镀膜技术在器件整体表面镀一层 200nm 厚的金膜,并且刻蚀以及进

行电极制备,制作电流放大电极 1、信号电极 2、总电流电极 3。要求金膜厚度制备要尽可能平整均匀。刻蚀要刻穿金膜层,并且刻蚀缝隙要尽量小,在保证缝隙完全覆盖 n 型掺杂波导 4、p 型掺杂波导 5、电致发光材料 6 之间的接触结构的基础上,通过理论计算使得漏向外界的电磁场能量尽量小。本案例中使用的缝隙宽度是 50nm。

[0024] 在电流放大模式接法(图 3、图 4)中由量子阱材料激发出来的光子,被 n 型掺杂波导 4、p 型掺杂波导 5 组成的光电二极管结构吸收,并且在光电二极管内激发出电子-空穴对。在反偏电场的作用下,电子被扫向电流放大电极,空穴被扫向信号电极,在信号电极跟总电流电极漂移过来的电子复合,从而减小信号电极电流。

[0025] 在量子阱的内量子效率达到 100%,n 型掺杂波导 4、p 型掺杂波导 5 组成的光电二极管结构的内量子效率达到 99%的时候,电流放大电极的电流是信号电极电流的 99 倍,实现了电流放大。

[0026] 在发光模式接法(图 5)中,由于 PN 结正偏,即便由量子阱材料激发出来的光子,被 n 型掺杂波导 4、p 型掺杂波导 5 组成的光电二极管结构吸收,并且在光电二极管内激发出电子-空穴对,在正偏电场的作用下,电子仍向量子阱材料注入,量子效率很小,此时激发出来的光子大多数耦合成为表面等离子体激元并在器件边界出射,实现电致发光的纳米光源。

[0027] 本发明结构简单,材料常见,工艺较为成熟,容易推广,可以如同三极管一样起到电流放大作用,但采取不同的接法又可以实现发光功能,不局限于三极管作用本身,并且体积小、反应速度快、高频性质好,将会得到更加广泛的应用。

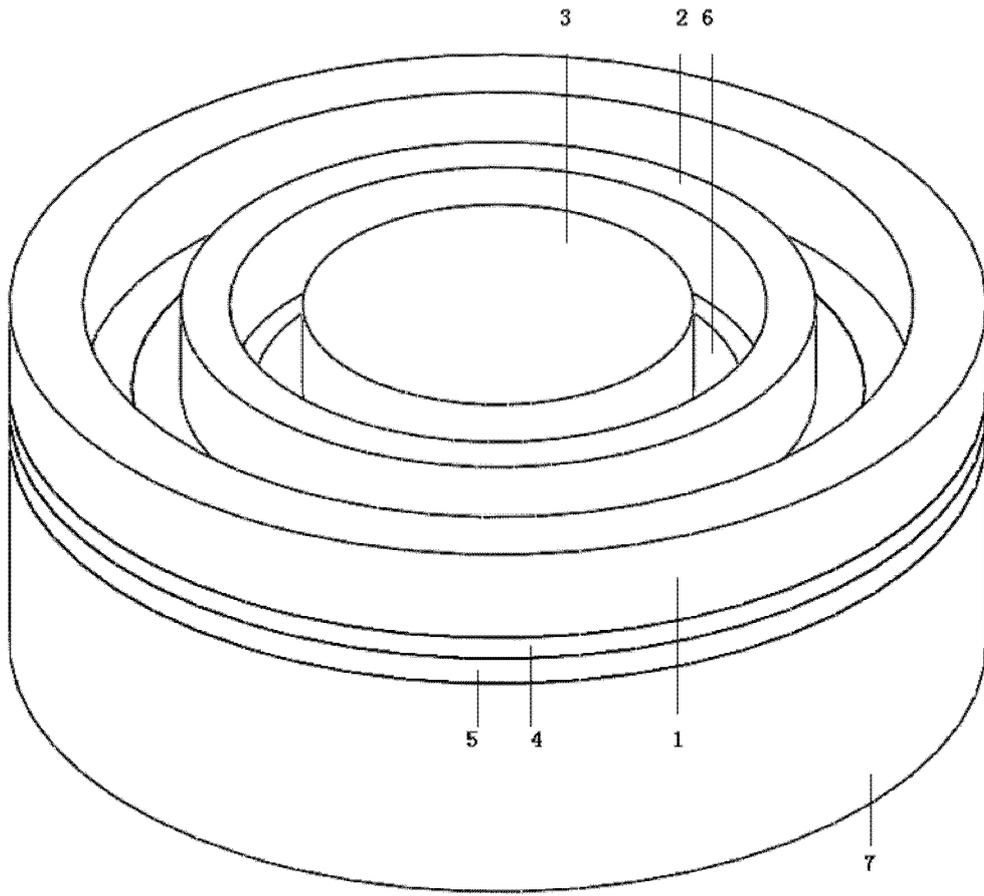


图 1

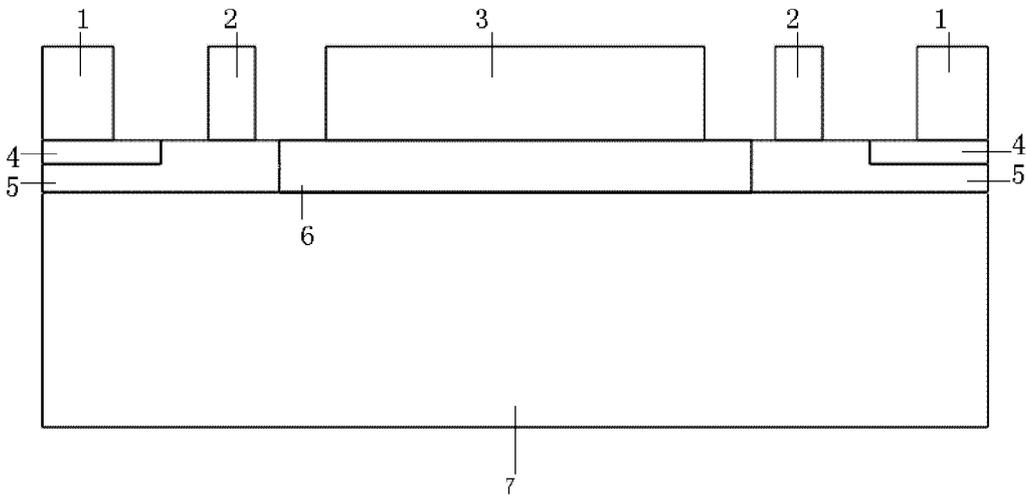


图 2

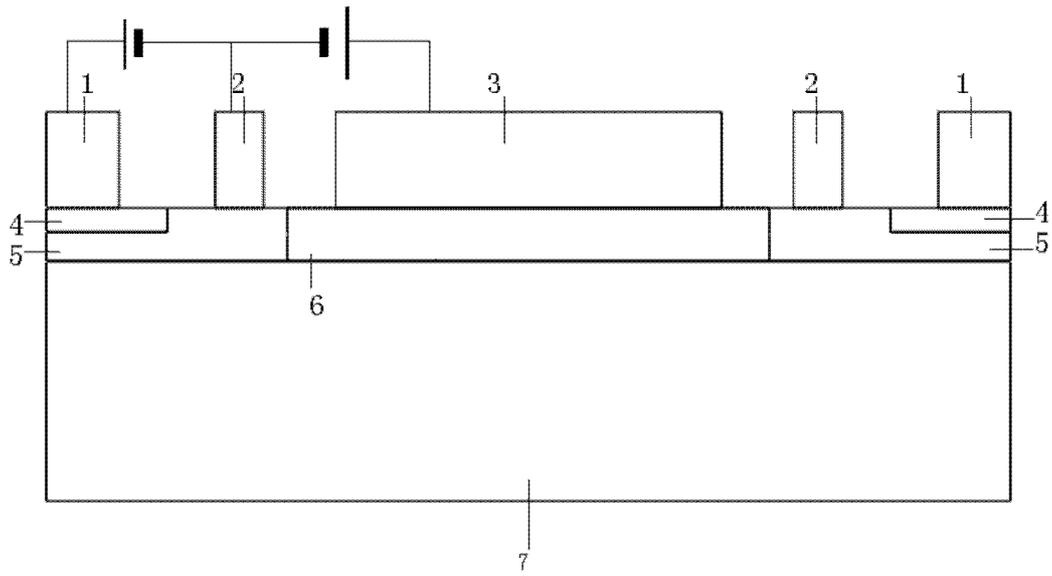


图 3

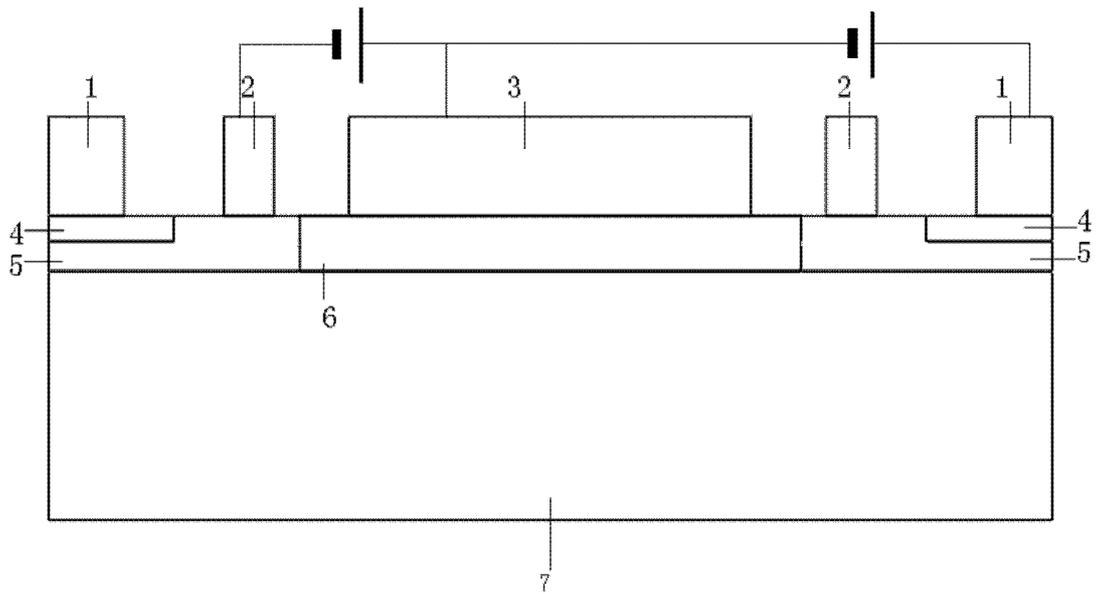


图 4

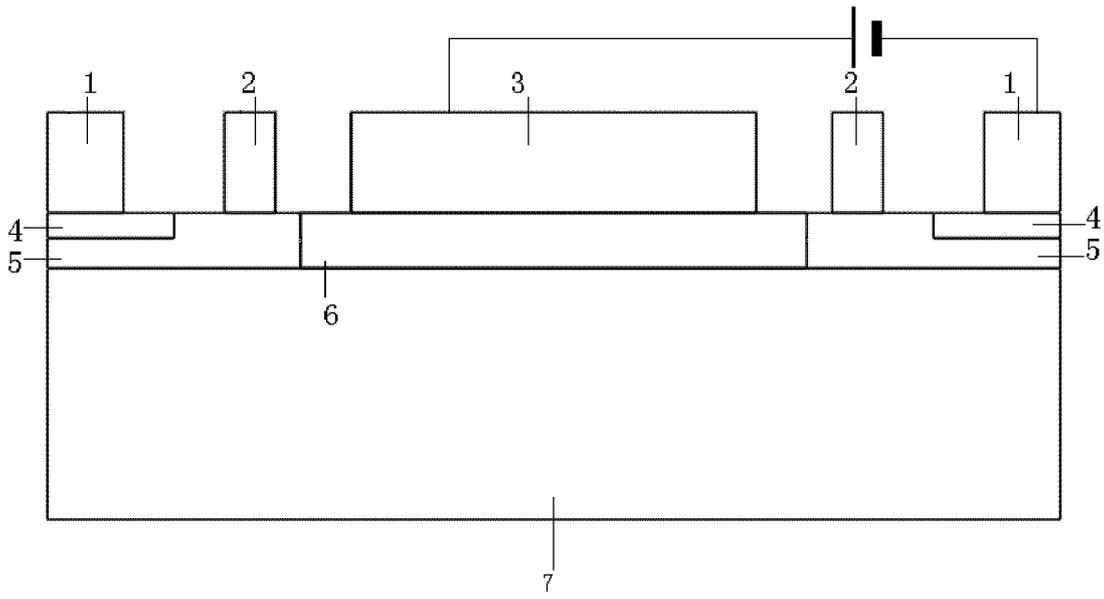


图 5