



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102231471 A

(43) 申请公布日 2011. 11. 02

(21) 申请号 201110129801. 4

(22) 申请日 2011. 05. 19

(71) 申请人 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.

H01S 3/06 (2006. 01)

H01S 3/16 (2006. 01)

H01S 3/09 (2006. 01)

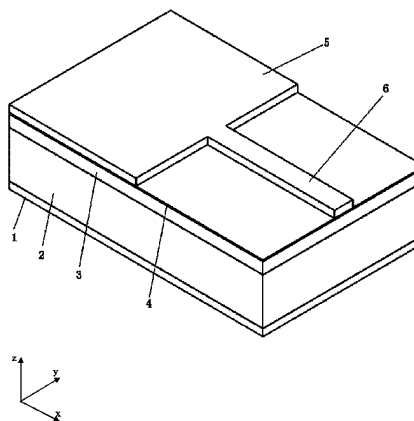
权利要求书 1 页 说明书 2 页 附图 1 页

## (54) 发明名称

电致激发分子掺杂薄膜层纳腔激光器

## (57) 摘要

电致激发分子掺杂薄膜层纳米激光器属于激光器领域,该激光器包括 p 面电极、衬底、电致发光介质、分子掺杂薄膜层、n 面电极和纳米线结构;衬底上面依次生长电致发光介质、分子掺杂薄膜层、n 面电极和纳米线结构,衬底下面镀有 p 面电极。本发明利用金属电极提供表面等离子体,利用金属-低介电常数薄膜层-电致发光介质混合结构形成强局域电场,在绝缘层内掺杂多能级分子,使其受激吸收并且形成跃迁发出光子,其光子直接耦合成为表面等离子体激元并沿着微加工的纳米线金属表面传播和激射,本发明可以有效解决现有电致激发困难、制作工艺难度大、成本高、推广困难等问题。



1. 电致激发分子掺杂薄膜层纳腔激光器,其特征在于,该激光器包括 p 面电极 (1)、衬底 (2)、电致发光介质 (3)、分子掺杂薄膜层 (4)、n 面电极 (5) 和纳米线结构 (6);所述衬底 (2) 上面依次生长电致发光介质 (3)、分子掺杂薄膜层 (4)、n 面电极 (5) 和纳米线结构 (6),衬底 (2) 下面镀有 p 面电极 (1)。

2. 如权利要求 1 所述的电致激发分子掺杂薄膜层纳腔激光器,其特征在于,所述分子掺杂薄膜层 (4) 的介电常数小于电致发光介质 (3) 的介电常数,并且电致发光介质 (3) 的厚度  $d$  与分子掺杂薄膜层 (4) 的折射率  $n$  的比值  $d/n$  小于 50nm。

3. 如权利要求 2 所述的电致激发分子掺杂薄膜层纳腔激光器,其特征在于,所述分子掺杂薄膜层 (4) 内掺杂的分子是一种多能级分子。

4. 如权利要求 1 所述的电致激发分子掺杂薄膜层纳腔激光器,其特征在于,所述纳米线结构 (6) 的金属材料为金、银、铝。

5. 如权利要求 1 所述的电致激发分子掺杂薄膜层纳腔激光器,其特征在于,所述 n 面电极 (5) 和纳米线结构 (6) 的总长度是表面等离子体波半波长的整数倍,纳米线结构 (6) 的宽度小于表面等离子体波长的一半。

## 电致激发分子掺杂薄膜层纳腔激光器

### 技术领域

[0001] 本发明属于激光器领域,特别涉及一种电致激发分子掺杂薄膜层纳腔激光器。

### 背景技术

[0002] 随着纳米微加工技术的发展和成熟,激光器在小型化上正越来越快的向前发展,基于表面等离子激元(Surface Plasmon Polariton, SPP)的亚波长微腔、纳腔的激光器由于其灵敏度高、体积小、能量集中而被更多的应用于进行生物探测器、信息存储、光计算、近场光学成像、纳米光刻技术和分子操纵技术等领域;并且,随着科技的发展,越来越多的领域对超小型激光光源的需求不断增长。

[0003] 由于光波长的限制和衍射效应的影响,通常意义上的传统激光器无法做到将激光能量在某一个维度上压缩到亚波长量级甚至纳米量级。虽然目前很多关于光子晶体方面的工作成功的将光子进行了束缚和操纵,但是限于光子晶体本身就处于波长尺度,并且要求在空间上周期性重复,这就大大增加了器件的体积,无法将整个器件真正制作到纳米量级,而且工艺复杂,对结构的对称性和周期性要求都很高。

[0004] 为了在某个维度上实现更小的电磁场能量压缩,由金属所引入的表面等离子体激元和表面等离子体波形成的亚波长和纳腔被广泛研究。表面等离子体激元使得电场强度在金属的两个方向上急剧衰减,并且形成只能沿着金属表面传播的表面等离子波,是目前实现亚波长和纳腔的最佳手段。

[0005] 由于金属的吸收所带来的损耗影响,表面等离子体波一般都不能进行长距离传输;并且由于表面等离子体波的波矢跟真空中的波矢不匹配,因而不能被直接激发。现有的传输方式主要是通过引入增益介质,以增益弥补传输损耗,进而增大表面等离子体波的传输距离并实现激射发光;现有的表面等离子体波的激发方式主要有棱镜激发、光栅激发、强聚焦光束激发等方法。但是这三种激发方法,不仅使得激光器体积变得很大、工艺变得复杂,而且只能采用光致激发方式。因此如何解决电致激发的问题,设计一种制作工艺简单、性能稳定、成本低、易推广的纳腔激光器装置势在必行。

### 发明内容

[0006] 为了解决上述问题,本发明提供了电致激发分子掺杂薄膜层纳腔激光器,可以有效解决现有电致激发困难、制作工艺难度大、成本高、推广困难等问题。

[0007] 本发明解决技术问题采用的技术方案如下:

[0008] 电致激发分子掺杂薄膜层纳腔激光器,包括p面电极、衬底、电致发光介质、分子掺杂薄膜层、n面电极和纳米线结构;衬底上面依次生长电致发光介质、分子掺杂薄膜层、n面电极和纳米线结构,衬底下面镀有p面电极。

[0009] 本发明制作工艺相对简单、性能稳定、成本低、容易推广,利用金属提供表面等离子体,并且可以做成电极,利用材料与结构特性形成纳腔,利用掺杂的多能级分子吸收光子来形成粒子数反转,利用电致发光材料来提供增益。

## 附图说明

[0010] 图 1 为本发明电致激发分子掺杂薄膜层纳腔激光器的立体结构图。

[0011] 图中：1、p 面电极，2、衬底，3、电致发光介质，4、分子掺杂薄膜层，5、n 面电极，6、纳米线结构。

## 具体实施方式

[0012] 以下结合附图对本发明的具体实施方式做详细说明。

[0013] 如图 1 所示：电致激发分子掺杂薄膜层纳腔激光器，包括 p 面电极 1、衬底 2、电致发光介质 3、分子掺杂薄膜层 4、n 面电极 5 和纳米线结构 6；衬底 2 上面依次生长电致发光介质 3、分子掺杂薄膜层 4、n 面电极 5 和纳米线结构 6，衬底 2 下面镀有 p 面电极 1。

[0014] 所述的分子掺杂薄膜层 4 对电磁场传播的损耗很小，薄膜层的介电常数小于电致发光介质的介电常数，并且其厚度  $d$  与薄膜层的折射率  $n$  的比值  $d/n$  小于  $50\text{nm}$ ，形成纳腔结构。薄膜层内掺杂的分子是一种多能级分子，这种分子可以吸收电致发光介质 3 所发出的光子，并且可以产生粒子束反转形成激射出光。

[0015] 所述电致发光介质 3，可以是所有的光子吸收较小的电致发光材料与结构——半导体材料、固体电致发光材料、有机电致发光材料，量子点结构、量子阱结构等均可满足条件和要求。

[0016] 所述纳米线结构 6 的金属材料，在选取材料的时候要求对表面等离子体波的吸收和散射很小，这就要求该金属相对介电常数的虚部在 0 到 5 之间，如金，银，铝等金属材料。

[0017] 所述 n 面电极 5 和纳米线结构 6 的总长度应是表面等离子体波半波长的整数倍，纳米线结构 6 的宽度要求小于表面等离子体波长的一半。

[0018] 电致激发分子掺杂薄膜层纳腔激光器结构利用材料外延生长技术和溶胶凝胶法制作而成。所述的衬底 2 是 GaAs 材料，电致发光介质 3 由下波导层  $n\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 、上波导层  $p\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$  和有源层  $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$  或 GaAs 的多量子阱结构组成，上述结构均由外延生长完成，这将提供电致发光波长为  $980\text{nm}$  的光子。分子掺杂薄膜层 4 是采用溶胶凝胶方法制作 Yb-Er 共掺的二氧化硅薄膜，薄膜厚度  $20\text{nm}$ ，根据计算可知，此薄膜将成为天然的纳腔；Yb-Er 共掺多能级分子体系吸收  $980\text{nm}$  的光子后，将形成粒子数反转，激射出波长  $1550\text{nm}$  的光子，此光子直接耦合成为表面等离子体波并沿着纳腔结构传播。然后再经过衬底减薄之后，在分子掺杂薄膜层 4 的上表面和衬底 2 的底面制备 p 面电极 1 和 n 面电极 5，最后用聚焦离子束刻蚀的方法制备出纳米线结构 6，整个器件制作完成。其中纳米线结构 6 的宽度为  $100\text{nm}$ ，n 面金属电极 5 和纳米线 6 的厚度为  $200\text{nm}$ ，结构 3 的总厚度为  $200\text{nm}$ 。

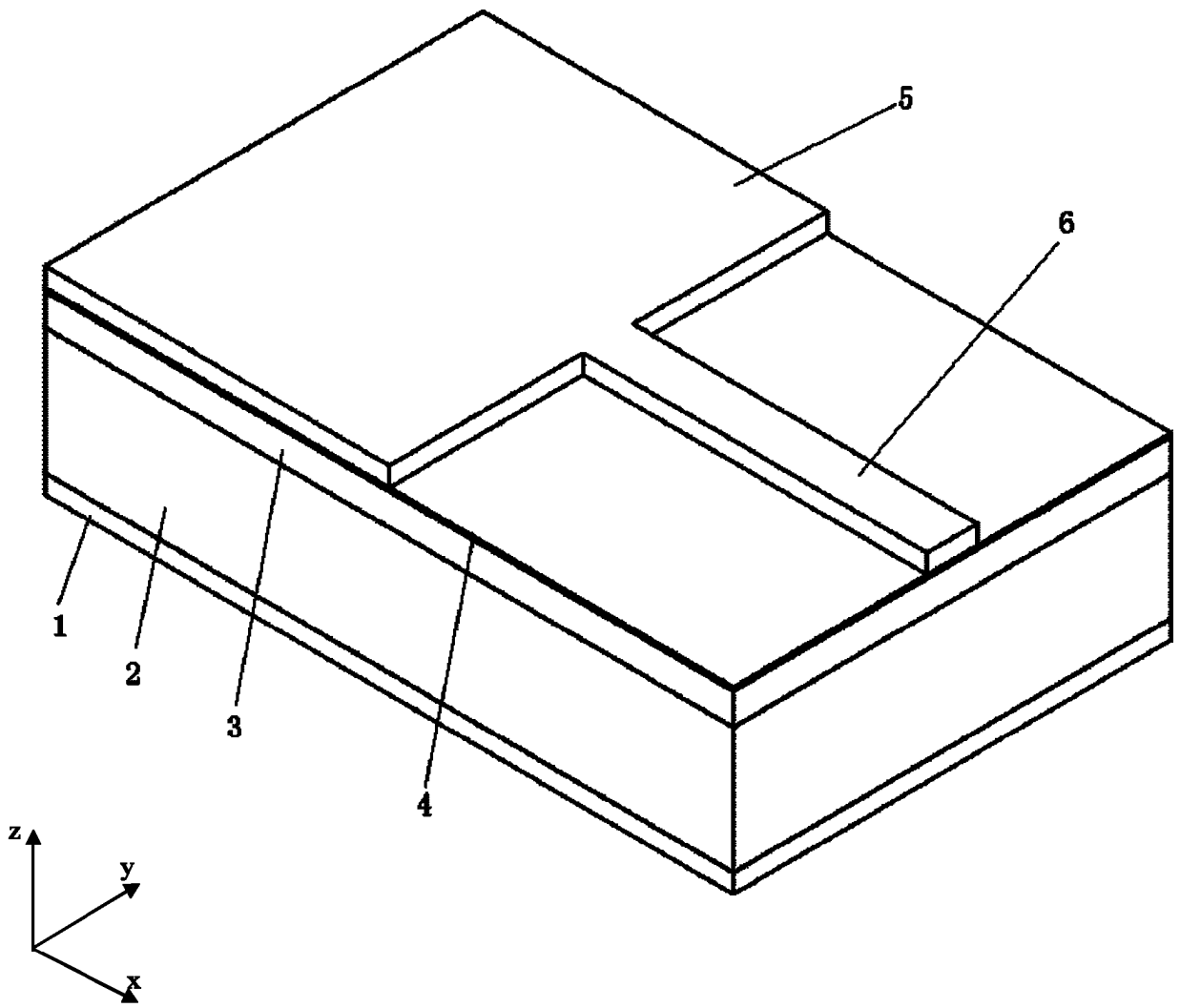


图 1