



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103700748 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 15

(21) 申请号 201210368199. 4

(22) 申请日 2012. 09. 28

(73) 专利权人 北京富纳特创新科技有限公司

地址 100084 北京市海淀区清华大学学研综合楼 B 座 1115 号

(72) 发明人 冯辰 潜力 王昱权

(51) Int. Cl.

H01L 33/40(2010. 01)

(56) 对比文件

TW 201020209 A, 2010. 06. 01,

CN 101923411 A, 2010. 12. 22,

US 2010/0221852 A1, 2010. 09. 02,

US 2006/0196537 A1, 2006. 09. 07,

审查员 梁明明

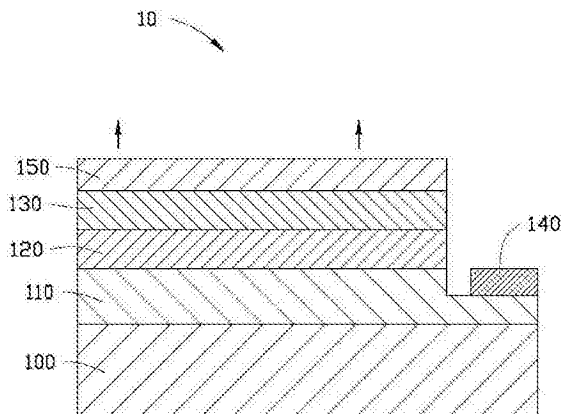
权利要求书2页 说明书10页 附图6页

(54) 发明名称

发光二极管

(57) 摘要

本发明提供一种发光二极管,其包括:一第一半导体层、一活性层、一第二半导体层、一第一电极以及一第二电极;所述第二电极、第二半导体层、活性层以及第一半导体层依次层叠设置,所述第二电极与第二半导体层电连接,所述第一电极与所述第一半导体层电连接,所述第二半导体层远离活性层的表面为所述发光二极管的出光面;其中,所述第二电极为一碳纳米管膜,包括多个碳纳米管线以及多个碳纳米管团簇,所述多个碳纳米管线间隔设置,所述碳纳米管团簇设置于相邻两个碳纳米管线之间且通过范德华力与所述碳纳米管线紧密相连,且相邻的碳纳米管线之间的多个碳纳米管团簇间隔设置。



1. 一种发光二极管,其包括:

一第一半导体层、一活性层、一第二半导体层、一第一电极以及一第二电极;所述第二电极、第二半导体层、活性层以及第一半导体层依次层叠设置,所述第二电极与第二半导体层电连接,所述第一电极与所述第一半导体层电连接,所述第二半导体层远离活性层的表面为所述发光二极管的出光面,所述第二电极设置于所述发光二极管的出光面;

其特征在于,所述第二电极为一碳纳米管膜,包括多个碳纳米管线以及多个碳纳米管团簇,所述多个碳纳米管线间隔设置,所述碳纳米管团簇设置于相邻两个碳纳米管线之间且通过范德华力与所述碳纳米管线紧密相连,相邻的碳纳米管线之间的碳纳米管团簇之间间隔设置,每个碳纳米管团簇包括多个碳纳米管,所述多个碳纳米管的轴向与所述多个碳纳米管线的轴向平行设置。

2. 如权利要求1所述的发光二极管,其特征在于,所述碳纳米管膜中的多个碳纳米管线平行设置,并沿一第一方向延伸形成一第一导电通路。

3. 如权利要求2所述的发光二极管,其特征在于,所述多个碳纳米管团簇沿所述第一方向间隔设置,并沿一第二方向与所述多个碳纳米管线连接形成一第二导电通路,其中所述第二方向与所述第一方向交叉。

4. 如权利要求3所述的发光二极管,其特征在于,所述多个碳纳米管团簇在所述第二方向上成行排列或交错排列。

5. 如权利要求1所述的发光二极管,其特征在于,每个碳纳米管线由多个碳纳米管构成,所述多个碳纳米管基本沿碳纳米管线的轴向方向延伸且通过范德华力首尾相连。

6. 如权利要求1所述的发光二极管,其特征在于,所述碳纳米管线的横截面为圆形,且所述碳纳米管线的直径大于等于0.1微米,且小于等于100微米。

7. 如权利要求1所述的发光二极管,其特征在于,相邻的碳纳米管线之间的间距大于0.1毫米。

8. 如权利要求1所述的发光二极管,其特征在于,相邻的碳纳米管线之间相邻的碳纳米管团簇之间的间距大于1毫米。

9. 如权利要求1所述的发光二极管,其特征在于,所述发光二极管进一步包括一基板,所述基板设置于所述第一半导体层远离活性层的表面。

10. 一种发光二极管,其包括:

一第一半导体层、一活性层、一第二半导体层、一第一电极以及一第二电极;所述第二电极、第二半导体层、活性层以及第一半导体层依次层叠设置,所述第二电极与第二半导体层电连接,所述第一电极与所述第一半导体层电连接,所述第二半导体层远离活性层的表面为所述发光二极管的出光面,所述第二电极设置于所述发光二极管的出光面;

其特征在于,所述第二电极包括多个碳纳米管及多个孔隙,所述多个碳纳米管组成多个碳纳米管线及多个碳纳米管团簇,所述多个碳纳米管线间隔设置,所述碳纳米管团簇设置于相邻两个碳纳米管线之间且间隔设置,相邻两个碳纳米管线及两个碳纳米管团簇之间定义出所述孔隙,所述多个碳纳米管的面积与所述多个孔隙的面积比大于0,且小于等于1:19,每个碳纳米管团簇包括多个碳纳米管,所述多个碳纳米管的轴向与所述多个碳纳米管线的轴向平行设置。

11. 如权利要求10所述的发光二极管,其特征在于,所述多个碳纳米管的面积与该多个

孔隙的面积比大于0,且小于等于1:49。

12.如权利要求10所述的发光二极管,其特征在于,所述多个碳纳米管线沿一第一方向延伸,并在一第二方向上平行排布,其中该第二方向与该第一方向垂直设置。

13.如权利要求12所述的发光二极管,其特征在于,相邻的碳纳米管线之间的碳纳米管团簇沿所述第一方向间隔设置,所述多个碳纳米管团簇在第二方向上通过范德华力与所述多个碳纳米管线紧密连接。

14.如权利要求12所述的发光二极管,其特征在于,每个碳纳米管团簇包括多个碳纳米管,该多个碳纳米管的轴向平行于所述第一方向。

发光二极管

技术领域

[0001] 本发明涉及一种发光二极管。

背景技术

[0002] 由氮化镓半导体材料制成的高效蓝光、绿光和白光发光二极管具有寿命长、节能、绿色环保等显著特点,已被广泛应用于大屏幕彩色显示、汽车照明、交通信号、多媒体显示和光通讯等领域,特别是在照明领域具有广阔的发展潜力。

[0003] 传统的发光二极管通常包括一第一半导体层、第二半导体层、设置在第一半导体层与第二半导体层之间的活性层、设置在第一半导体层上的第一电极以及设置在第二半导体层上的第二电极(通常为透明电极)。发光二极管处于工作状态时,在第一半导体层与第二半导体层上分别施加正、负电压,这样,存在于第一半导体层中的空穴与存在于第二半导体层中的电子在活性层中发生复合而产生光,该光透过透明电极从发光二极管中射出。

[0004] 现有技术中,所述第二电极一般采用透明的氧化铟锡(ITO)材料,然而ITO材料具有机械性能不够好、阻值分布不均匀等缺点,故,该发光二极管的效率较低,而且性能不稳定。

发明内容

[0005] 有鉴于此,确有必要提供一高效、稳定的发光二极管。

[0006] 一种发光二极管,其包括:一第一半导体层、一活性层、一第二半导体层、一第一电极以及一第二电极;所述第二电极、第二半导体层、活性层以及第一半导体层依次层叠设置,所述第二电极与第二半导体层电连接,所述第一电极与所述第一半导体层电连接,所述第二半导体层远离活性层的表面为所述发光二极管的出光面,所述第二电极设置于所述发光二极管的出光面;其中,所述第二电极为一碳纳米管膜,该碳纳米管膜包括多个碳纳米管线以及多个碳纳米管团簇,所述多个碳纳米管线间隔设置,所述碳纳米管团簇设置于相邻两个碳纳米管线之间且通过范德华力与所述碳纳米管线紧密相连,且相邻的碳纳米管线之间的多个碳纳米管团簇间隔设置。

[0007] 一种发光二极管,其包括:一第一半导体层、一活性层、一第二半导体层、一第一电极以及一第二电极;所述第二电极、第二半导体层、活性层以及第一半导体层依次层叠设置,所述第二电极与第二半导体层电连接,所述第一电极与所述第一半导体层电连接,所述第二半导体层远离活性层的表面为所述发光二极管的出光面,所述第二电极设置于所述发光二极管的出光面;其中,所述第二电极包括多个碳纳米管及多个孔隙,所述多个碳纳米管组成多个碳纳米管线及多个碳纳米管团簇,所述多个碳纳米管线间隔设置,所述碳纳米管团簇设置于相邻两个碳纳米管线之间且间隔设置,相邻两个碳纳米管线及两个碳纳米管团簇之间定义出所述孔隙,所述多个碳纳米管的面积与所述多个孔隙的面积比大于0,且小于等于1 : 19。

[0008] 与现有技术相比较,本发明的发光二极管中,由于碳纳米管组成的碳纳米管线及

碳纳米管团簇具有更为优异的力学性能,故,该碳纳米管膜具有较强的机械性能,从而可以提高所述发光二极管的耐用性及稳定性。其二,由于碳纳米管具有优异的导电性能,则由碳纳米管组成的碳纳米管膜也具有优异的导电性能,因此,采用上述碳纳米管膜作发光二极管的电极,可以相应的提高发光二极管的有效工作电流,从而提高所述发光二极管的效率。最后,该碳纳米管膜中碳纳米管的面积与所述多个孔隙的面积比大于0,且小于等于1 : 19,故,该碳纳米管的透光率可以高于95%,从而可以提高发光二极管的出光效率。

附图说明

[0009] 图1为本发明第一实施例提供的发光二极管的结构示意图。

[0010] 图2为本发明第一实施例提供的发光二极管中所使用的第二电极的光学显微镜照片。

[0011] 图3为本发明第一实施例提供的发光二极管中所使用的第二电极的光学显微镜照片。

[0012] 图4为本发明第一实施例提供的发光二极管中制备第二电极的方法流程图。

[0013] 图5为本发明第一实施例提供的发光二极管中制备第二电极所使用的碳纳米管初级膜的扫描电镜照片。

[0014] 图6为本发明第一实施例提供的发光二极管中制备第二电极所使用的形成有一行通孔的碳纳米管初级膜的平面结构示意图。

[0015] 图7为本发明第一实施例提供的发光二极管中制备第二电极所使用的形成有多行通孔的碳纳米管初级膜的平面结构示意图。

[0016] 图8为本发明第一实施例提供的发光二极管中制备第二电极所使用的形成有多行通孔的碳纳米管初级膜的光学显微镜照片。

[0017] 图9为本发明第一实施例提供的发光二极管中所使用的第二电极的结构示意图。

[0018] 图10为本发明第一实施例提供的发光二极管中所使用的第二电极的结构示意图。

[0019] 图11为本发明第二实施例提供的发光二极管的结构示意图。

[0020] 主要元件符号说明

[0021]

发光二极管	10;40
基底	100
第一半导体层	110;410
活性层	120;420
第二半导体层	130;430
第一电极	140;440
第二电极	150;450
通孔	22;
连接部	24;
延伸部	26;
碳纳米管膜	30;
碳纳米管线	32;

碳纳米管团簇

34;

[0022] 如下具体实施方式将结合上述附图进一步说明本发明。

具体实施方式

[0023] 请参阅图1,本发明第一实施例提供一种发光二极管10,包括:一基底100、一第一半导体层110、一活性层120、一第二半导体层130、一第一电极140以及一第二电极150。所述第一半导体层110、活性层120、第二半导体层130以及第二电极150依次层叠设置于基底100的表面,所述第一半导体层110与所述基底100接触设置。所述第二半导体层130远离活性层120的表面为所述发光二极管10的出光面,所述第一电极140与所述第一半导体层110电连接。所述第二电极150与所述第二半导体层130电连接。

[0024] 所述基底100主要起支撑作用,所述基底100具有一支持外延生长的外延生长面。所述基底100的厚度为300至500微米,所述基底100的材料可以为SOI(silicon on insulator,绝缘基底上的硅)、LiGaO₂、LiAlO₂、Al₂O₃、Si、GaAs、GaN、GaSb、InN、InP、InAs、InSb、AlP、AlAs、AlSb、AlN、GaP、SiC、SiGe、GaMnAs、GaAlAs、GaInAs、GaAlN、GaInN、AlInN、GaAsP、InGaN、AlGaInN、AlGaInP、GaP:Zn或GaP:N等。所述基底100的材料可根据所述需要生长的半导体层的材料进行选择,所述基底100的材料与所述半导体层的材料具有较小的晶格失配及相近的热膨胀系数,从而可以减少生长的半导体层中的晶格缺陷,提高其质量。本实施例中,所述基底100的厚度为400微米,其材料为蓝宝石。

[0025] 所述第一半导体层110设置于所述基底100的外延生长面。所述第一半导体层110、第二半导体层130分别为N型半导体层和P型半导体层两种类型中的一种。具体地,当所述第一半导体层110为N型半导体层时,第二半导体层130为P型半导体层;当所述第一半导体层110为P型半导体层时,第二半导体层130为N型半导体层。所述N型半导体层起到提供电子的作用,所述P型半导体层起到提供空穴的作用。N型半导体层的材料包括N型氮化镓、N型砷化镓及N型磷化铜等材料中的一种或几种。P型半导体层的材料包括P型氮化镓、P型砷化镓及P型磷化铜等材料中的一种或几种。所述第一半导体层110的厚度为1微米至5微米。本实施例中,第一半导体层110的材料为N型氮化镓。可选择地,一缓冲层(图未示)可以设置于基底100和第一半导体层110之间,并与基底100和第一半导体层110分别接触,此时第一半导体层110靠近基底100的表面与缓冲层接触。所述缓冲层有利于提高所述第一半导体层110的外延生长质量,减少晶格缺陷。所述缓冲层的厚度为10纳米至300纳米,其材料可以为氮化镓或氮化铝等。

[0026] 本实施例中,所述第一半导体层110具有相对的第一表面(未标示)及第二表面(未标示),所述第一表面与所述基底100相接触,所述第二表面为第一半导体层110远离基底100的表面。所述第二表面按其功能可区分为一第一区域(未标示)及第二区域(未标示),其中所述第一区域用于设置所述活性层120,所述第二区域用于设置所述第一电极140。

[0027] 所述活性层120设置于所述第一半导体层110的第一区域。优选地,所述活性层120和第一半导体层110的接触面积与第一区域的面积相等。即所述活性层120完全覆盖所述第一半导体层110的第一区域。所述活性层120为包含一层或多层量子阱层的量子阱结构(Quantum Well)。所述活性层120用于提供光子。所述活性层120的材料为氮化镓、氮化铟镓、氮化铟镓铝、砷化镓、砷化铝镓、磷化铟镓、磷化铟砷或砷化铟镓中的一种或几种,其厚

度为0.01微米至0.6微米。本实施例中,所述活性层120为两层结构,包括一氮化镓层及一氮化铟层,其厚度约为0.03微米。

[0028] 所述第二半导体层130设置于所述活性层120远离基底100的表面,具体的,所述第二半导体层130覆盖所述活性层120远离基底100的整个表面。所述第二半导体层130的厚度为0.1微米~3微米。所述第二半导体层130可为N型半导体层或P型半导体层两种类型,并且所述第二半导体层130与第一半导体层110分属两种不同类型的半导体层。所述第二半导体层130远离基底100的表面作为发光二极管10的出光面。本实施例中,所述第二半导体层130为镁(Mg)掺杂的P型氮化铟,其厚度为0.3微米。

[0029] 所述第二半导体层130远离活性层120的表面可以进一步包括多个三维纳米结构。所述三维纳米结构用于提高所述发光二极管10的出光率。

[0030] 所述第一电极140与所述第一半导体层110电连接。本实施例中,所述第一电极140设置于所述第一半导体层110的第二区域,并覆盖所述第二区域的部分表面。所述第一电极140与所述活性层120间隔设置。所述第一电极140至少为一层的结构,其材料为钛、银、铝、镍、金或其任意组合。本实施例中,所述第一电极140为两层结构,一层为厚度15纳米的钛,另一层为厚度200纳米的金。

[0031] 所述第二电极150设置于所述第二半导体层130远离活性层的表面,优选地,所述第二电极150覆盖整个第二半导体层130远离活性层的表面。所述第二电极150与所述第二半导体层130电连接。所述第二电极150为一层状的碳纳米管膜。

[0032] 请参阅图2及3,具体地,所述碳纳米管膜包括多个间隔设置的碳纳米管线以及多个碳纳米管团簇,所述多个碳纳米管线与多个碳纳米管团簇通过范德华力相互连接。所述多个碳纳米管团簇通过所述多个碳纳米管线隔开,且位于相邻的两个碳纳米管线之间的碳纳米管团簇间隔设置。

[0033] 所述多个碳纳米管线基本沿第一方向延伸且相互间隔设置。优选地,所述多个碳纳米管线平行且等间距设置,所述多个碳纳米管线设置于一个平面内。所述碳纳米管线的横截面可以为椭圆形、圆形、扁平状、或者其他形状。优选地,该碳纳米管线的横截面为圆形,其直径大于等于0.1微米,且小于等于100微米。优选地,每个碳纳米管线的直径大于等于5微米,且小于等于50微米。所述多个碳纳米管线之间的间隔不限,优选地,相邻的碳纳米管线之间的间距大于0.1毫米。所述多个碳纳米管线的直径及间隔可以根据实际需要确定。优选地,所述多个碳纳米管线的直径基本相等。每个碳纳米管线包括多个第一碳纳米管,所述多个第一碳纳米管基本沿所述第一方向择优取向排列,即,所述多个第一碳纳米管沿所述碳纳米管线的轴向择优取向排列。位于所述碳纳米管线的轴向上的相邻的第一碳纳米管通过范德华力首尾相连。优选地,所述多个碳纳米管的轴向基本与所述碳纳米管线的轴向平行。其中,所述第一方向基本平行于所述碳纳米管线的轴向及所述第一碳纳米管的轴向。

[0034] 所述多个碳纳米管团簇间隔设置,且搭接于相邻的碳纳米管线之间,使得所述碳纳米管膜具有自支撑特性,为一自支撑结构。所谓“自支撑”是指所述碳纳米管膜不需要支撑体支撑就可以保持其固有的形状。所述多个碳纳米管团簇在第二方向上间隔设置,且通过所述多个碳纳米管线区分开。也可以说,位于所述第二方向上的多个碳纳米管团簇通过所述多个碳纳米管线连接在一起。位于第二方向上的多个碳纳米管团簇可以交错排列,不成行排列,由此,通过所述多个碳纳米管线连接在第二方向上形成非直线形的导电通路。位

于所述第二方向上的多个碳纳米管团簇整齐排列成行,通过所述多个碳纳米管线形成一连续的直线形导电通路。优选地,所述多个碳纳米管团簇在所述碳纳米管膜中呈阵列排布。其中,所述第二方向与所述第一方向相交设置,优选地,所述第二方向与第一方向垂直设置。每个碳纳米管团簇在所述第二方向上的长度基本与与所述碳纳米管团簇相连的碳纳米管线的间距相等。所以,所述碳纳米管团簇在第二方向上的长度优选地大于0.1毫米。另外,位于相邻的碳纳米管线之间的多个碳纳米管团簇间隔设置,即,所述多个碳纳米管团簇在所述第一方向上间隔设置。优选地,相邻的碳纳米管团簇在第一方向上的间距大于等于1毫米。

[0035] 所述碳纳米管团簇包括多个第二碳纳米管,所述多个第二碳纳米管通过范德华力相互作用在一起。所述多个第二碳纳米管的轴向可以基本平行于所述第一方向,即,所述多个第二碳纳米管的轴向可以基本平行于所述碳纳米管线的轴向。所述多个第二碳纳米管的轴向也可以与所述第一方向相交设置,因此,所述碳纳米管团簇中的第二碳纳米管可以交叉设置形成网状结构。

[0036] 由此可见,所述碳纳米管膜包括多个碳纳米管,所述多个碳纳米管分别形成所述多个碳纳米管线及多个碳纳米管团簇。优选地,所述碳纳米管膜仅由碳纳米管组成。所述碳纳米管膜还包括多个孔隙,所述多个孔隙主要是由所述碳纳米管膜中的多个碳纳米管线及多个碳纳米管团簇间隔设置形成的。所以,当所述多个碳纳米管线及多个碳纳米管团簇有规律排列时,所述多个孔隙也有规律排列。如,当所述多个碳纳米管团簇及碳纳米管线呈阵列排布时,所述多个孔隙也会随之呈阵列排布。所述碳纳米管膜中的碳纳米管线与碳纳米管团簇的面积之和与所述多个孔隙的面积比值大于0,且小于等于1 : 19。也可以说,所述碳纳米管膜中的多个碳纳米管与所述多个孔隙的面积比大于0,且小于等于1 : 19,故,所述碳纳米管膜的透光度大于等于95%。更优选地,所述碳纳米管膜中的碳纳米管的面积与所述多个孔隙的面积比大于0,且小于等于1 : 49,所述碳纳米管膜的透光度大于等于98%。所述多个碳纳米管线沿第一方向延伸,从而使得所述碳纳米管膜在第一方向上形成一第一导电通路;所述多个碳纳米管团簇可以在第二方向上形成一第二导电通路;从而使得所述碳纳米管膜为导电异向性膜,且在第一方向及第二方向上具有不同的导电异向性。所述碳纳米管膜在第二方向上的电阻与其在第一方向上的电阻的比值大于等于10。另外,所述碳纳米管膜中的碳纳米管线通过其中的碳纳米管团簇连接一起,从而使得所述碳纳米管膜具有较好的强度及稳定性,不易破坏。

[0037] 需要说明的是,所述碳纳米管膜中的碳纳米管线及碳纳米管团簇的周围还存在有少量的碳纳米管,但这些碳纳米管的存在基本上不会影响所述碳纳米管膜的性质。

[0038] 请参阅图4,所述碳纳米管膜的制备方法包括以下步骤:

[0039] S10,提供一初始碳纳米管膜,所述初始碳纳米管膜包括多个碳纳米管,所述多个碳纳米管通过范德华力首尾相连且沿第一方向择优取向延伸;

[0040] S20,图案化所述初始碳纳米管膜,使所述初始碳纳米管膜在所述第一方向上形成至少一行通孔,且每行上至少有两个间隔设置的通孔;以及

[0041] S30,采用溶剂处理所述形成有至少一行通孔的初始碳纳米管膜,使所述形成有至少一行通孔的初始碳纳米管膜收缩。

[0042] 请参阅图5,步骤S10中的初始碳纳米管膜中的碳纳米管沿第一方向择优取向延

伸。所述初始碳纳米管膜可以通过从一碳纳米管阵列中拉伸而获得。具体地,所述初始碳纳米管膜的制备方法包括以下步骤:S11,提供一碳纳米管阵列,且所述碳纳米管阵列包括多个彼此平行的碳纳米管;以及S12,从所述碳纳米管阵列中选定一定宽度的碳纳米管片段,并拉取所述具有一定宽度的碳纳米管片段得到所述初始碳纳米管膜。

[0043] 其中,优选地,所述碳纳米管阵列为超顺排碳纳米管阵列,即所述碳纳米管阵列包括多个基本相互平行的碳纳米管。所述碳纳米管阵列形成于一基底,且所述碳纳米管阵列中的碳纳米管基本垂直于所述基底。在上述拉伸过程中,所述碳纳米管阵列中的选定的碳纳米管在拉力作用下沿拉伸方向逐渐脱离基底的同时,由于范德华力作用,所述选定的碳纳米管分别与碳纳米管阵列中的其他碳纳米管通过范德华力首尾相连地连续地被拉出形成所述初始碳纳米管膜。所述初始碳纳米管膜中的碳纳米管的延伸方向基本平行于碳纳米管膜的拉伸方向。因此,所述初始碳纳米管膜是由碳纳米管组成,且通过碳纳米管之间的范德华力的作用,使得所述初始碳纳米管膜具有自支撑特性,为一自支撑膜。所述初始碳纳米管膜中的碳纳米管之间会形成多个微孔,所述微孔的尺寸小于100纳米。其中,该微孔的尺寸是指微孔横截面上一点到另一点的最远距离。

[0044] 所述步骤S20对初始碳纳米管膜进行图案化处理的目的是在所述初始碳纳米管膜上沿第一方向上形成成行排列且间隔设置的通孔。所述步骤可以采用激光照射处理或电子束照射处理等方法在所述初始碳纳米管膜上形成所述多个通孔。当所述步骤S20采用激光照射法对所述初始碳纳米管膜进行图案化处理时,所述步骤S20具体可以包括以下分步骤:首先,提供一激光器,所述激光器的激光束的照射路径可通过电脑程序控制。其次,将所述待形成多个通孔的初始碳纳米管膜的结构输入电脑程序中,以便控制激光器中的激光束的照射路径,在所述初始碳纳米管膜上烧蚀形成多个通孔。然后,开启激光器,采用激光束照射所述初始碳纳米管膜,在所述初始碳纳米管膜上形成所述多个通孔。可以理解,还可以通过固定激光束,移动所述初始碳纳米管膜使激光束照射所述初始碳纳米管膜的表面,控制所述初始碳纳米管膜的运动路径,在所述初始碳纳米管膜上烧蚀形成多个通孔。其中,所述激光束的功率密度为10000-100000瓦/平方毫米,扫描速度为800-1500毫米/秒。优选地,所述激光束的功率密度为70000-80000瓦/平方毫米,扫描速度为1000-1200毫米/秒。

[0045] 所述步骤S12中形成的通孔的形状可以为四边形、圆形、椭圆形或三角形等图形。优选地,该四边形具有至少一对平行边,如,平行四边形、梯形、长方形、菱形等。当长方形的宽度比较小时,可以认为该长方形为一直线,即可以认为该通孔的形状为直线形。所述通孔的尺寸大于所述碳纳米管初级膜中的微孔的尺寸。优选地,该通孔的尺寸大于等于0.1毫米。相邻的通孔之间的间距大于所述碳纳米管初级膜中的微孔的尺寸。优选地,该相邻通孔之间的间距大于等于0.1毫米。更优选地,该通孔的形状为长方形,其长、宽都大于等于0.1毫米,且该相邻通孔之间的间距大于等于0.1毫米。所述通孔的形状、尺寸以及相邻的通孔之间的间距可以根据实际需要确定。

[0046] 所述步骤S20中对所述初始碳纳米管膜进行图案化处理,在所述初始碳纳米管膜上形成的通孔可以按照下面的几种方式分布:

[0047] (1)请参阅图6,在所述初始碳纳米管膜上形成多个间隔设置的通孔22,所述多个间隔设置的通孔22在所述初始碳纳米管膜中沿所述第一方向X排列成一行。其中,所述第一方向X基本平行于所述初始碳纳米管膜中的碳纳米管的轴向延伸方向。所述多个通孔22将

所述初始碳纳米管膜分成多个连接部24以及两个延伸部26,所述初始碳纳米管膜的连接部24为同一行中相邻的通孔22之间的部分,也就是说,所述初始碳纳米管膜的连接部24间隔设置且通过通孔22隔开,并与所述多个通孔22交替排布。所述初始碳纳米管膜的两个延伸部26指的是所述初始碳纳米管膜中除了所述连接部24外的其它部分,且分别位于所述多个连接部24及通孔22的两侧。也可以说,在与第一方向X相交的第二方向Y上,所述两个延伸部26通过所述多个连接部24隔开。所以,所述多个连接部24与两个延伸部26是一体结构,所述两个延伸部26通过所述多个连接部24连接在一起。优选地,所述第二方向Y垂直于第一方向X。每个延伸部26基本沿所述第一方向X连续延伸。

[0048] (2)请参阅图7及图8,在所述初始碳纳米管膜上形成多个通孔22,所述多个通孔22沿所述第一方向X排列成多行,且位于同一行中的通孔22沿所述第一方向X间隔排列。所述多个通孔22在所述第二方向Y上可以交错设置。所谓“交错设置”指的是,所述多个通孔22在第二方向Y上没有成列排布。可以理解,所述多个通孔22也可以沿所述第二方向Y排列成多列,且位于同一列上的通孔22沿所述第二方向Y间隔排列,所以,所述多个通孔22呈阵列状,行列排布。即,所述多个通孔22在所述初始碳纳米管膜上排列成多行多列。

[0049] 所述多个通孔22将所述初始碳纳米管膜分成多个连接部24及多个延伸部26。所述多个连接部24位于同一行中相邻的通孔22之间,所述多个连接部24的排列方式与所述多个通孔22的排列方式相同,同一行的连接部24沿第一方向X间隔设置,并通过同一行的通孔22隔开。每个连接部24在第二方向Y上的长度等于与其相邻的通孔22在第二方向Y上的长度,每个连接部24沿第一方向上的长度基本等于与其位于同一行并与其相邻的两个通孔22之间的间距。所述多个延伸部26在第一方向X上是一连续的整体,且位于相邻行的通孔22及所述初始碳纳米管膜的连接部24之间。每个延伸部26在第二方向Y上的长度为其相邻两行的通孔22在第二方向Y上的间距,且将与其相邻的两行中的多个连接部24隔开。同样地,所述多个连接部24与所述多个延伸部26为一体结构,所述多个延伸部26通过所述多个连接部24连接在一起。优选地,每个通孔22在第一方向X上的有效长度大于其相邻的通孔22在第二方向Y上的间距。

[0050] 需要说明的是,本文所谓的“位于同一行的通孔”指的是至少有一条基本平行于所述第一方向X的直线可以同时贯穿所述位于同一行中的通孔;本文中所谓的“位于同一列中的通孔”指的是至少有一条基本平行于所述第二方向Y的直线可以同时贯穿所述位于同一列中的通孔。所述初始碳纳米管膜中的连接部24的排列方式与所述初始碳纳米管膜中的通孔的排列方式基本相同。由于受到制备工艺的影响,每个通孔的周围可能会有少量碳纳米管毛刺存在,从而使得通孔的边缘存在参差不齐的现象。

[0051] 在步骤S30中,所述图案化的初始碳纳米管膜优选地悬空设置。请一并参阅图2、3、8及9,所述步骤S30可以为,将所述溶剂滴落或喷洒在悬空设置的形成有多个通孔22的初始碳纳米管膜的表面,以浸润所述具有至少一行通孔22的初始碳纳米管膜,使所述具有至少一行通孔22的初始碳纳米管膜收缩。由于所述初始碳纳米管膜中的每个延伸部26中的碳纳米管首尾相邻且基本沿第一方向排列,且每个延伸部26在第一方向上为一个连续的整体,故,在界面张力的作用下,所述初始碳纳米管膜中的多个延伸部26收缩形成多个碳纳米管线32,也就是说,所述初始碳纳米管膜的每个延伸部26向其中心收缩形成一个碳纳米管线32,同时使得位于所述延伸部26两侧的通孔22的尺寸增大,从而形成多个间隔设置的碳纳

米管线32。同时,每个延伸部26在收缩成碳纳米管线32的过程中会对其邻近的连接部24产生一个拉力,使得所述连接部24形成所述碳纳米管团簇34,从而形成所述碳纳米管膜30,使得所述碳纳米管膜30包括多个间隔的碳纳米管线32,及被所述多个碳纳米管线32隔开的多个碳纳米管团簇34。因此,所述碳纳米管膜30中相邻的碳纳米管线32之间的间距大于其对应的初始碳纳米管膜上相邻的延伸部26之间夹持的通孔在第二方向上的长度,大于0.1毫米;且每个碳纳米管线32由多个通过范德华力首尾相连且基本沿同一方向延伸的碳纳米管构成,所述多个碳纳米管基本沿第一方向延伸。所述多个碳纳米管团簇34将相邻的碳纳米管线32通过范德华力连接在一起形成所述碳纳米管膜30。

[0052] 根据所述溶剂对碳纳米管的浸润性的不同,所述溶剂对所述初始碳纳米管膜的界面张力也不同,所述初始碳纳米管膜的延伸部26在收缩成碳纳米管线32的过程中对其相邻的连接部24产生的拉力的大小也不同,从而使得所述初始碳纳米管膜的连接部24中的碳纳米管的排列方式不同,进而使得所述碳纳米管团簇34的结构也不同。

[0053] 请一并参阅图2及9,当所述溶剂为有机溶剂,乙醇、甲醇、丙酮、二氯乙烷或氯仿等对碳纳米管具有较高浸润性的溶剂时,对所述初始碳纳米管膜的界面张力就比较大,所述初始碳纳米管膜的延伸部26在收缩成碳纳米管线32的过程中对其相邻的连接部24产生的拉力就比较大,可以使得所述连接部24中的碳纳米管的由基本沿第一方向延伸转变为与所述第一方向相交的方向延伸,形成第二碳纳米管;同时在界面张力的作用下,每个连接部24中的碳纳米管会收缩形成一网状结构,所述网状结构即为所述碳纳米管团簇34。所以,所述多个连接部24形成多个具有网状结构的碳纳米管团簇34。优选地,所述第二碳纳米管的轴向与所述第一方向具有较大的第一夹角,且所述第一夹角大于等于45度,且小于等于90度。本实施例通过测量样品1—初始碳纳米管膜、样品2—激光处理的初始碳纳米管膜(激光处理的初始碳纳米管膜指的是上述经过激光处理形成有多个通孔22的初始碳纳米管膜,其中,该多个通孔22为长方形且以阵列形式排布,该通孔22的长度为3毫米、宽度为1毫米,该通孔22与其长度方向上相邻的通孔22之间的间距为1毫米,该通孔22与其宽度方向上相邻的通孔22之间的间距为1毫米)、样品3所述碳纳米管膜30的透光度。各个样品的透光度在各个样品在悬空状态下测得的,如表1所示。

[0054] 表1 各种碳纳米管膜的透光度

[0055]

样 品	不同波长下的透光度/%							
	370nm	450nm	500nm	550nm	600nm	650nm	700nm	750nm
1	76.08	79.17	80.31	81.20	81.88	82.46	82.92	83.32
2	80.39	83.03	84.01	84.73	85.27	85.78	86.14	86.51
3	98.43	98.42	84.41	98.43	98.40	98.45	98.42	98.38

[0056] 请一并参阅图3及10,当所述溶剂为水等对碳纳米管具有较低的浸润性时,所述溶剂对所述初始碳纳米管膜的界面张力相对比较小,所述初始碳纳米管膜的延伸部26在收缩成碳纳米管线32的过程中对其相邻的连接部24产生的拉力相对比较小,对所述初始碳纳米管膜的连接部24中的碳纳米管的拉力就相对比较小,从而使得所述多个连接部24中的碳纳米管

的轴向基本不发生改变或改变较小,形成多个碳纳米管团簇34,此时,所述碳纳米管团簇34中的碳纳米管的轴向基本平行于所述碳纳米管线32中的碳纳米管的轴向及所述第一方向,或所述碳纳米管团簇34中的碳纳米管的轴向与所述碳纳米管线32中的碳纳米管及第一方向具有较小的第二夹角,且所述第二夹角小于等于30度。优选地,所述夹角小于等于15度。如,当溶剂为水时,所述初始碳纳米管膜的连接部24中的碳纳米管的排列方向基本不发生改变,从而使得所述碳纳米管团簇34中的碳纳米管的排列方向基本平行于所述第一方向。

[0057] 可以理解,当步骤S20中的通孔呈多行排布时,在所述碳纳米管膜中,由所述初始碳纳米管膜的延伸部形成的多个碳纳米管线基本平行设置。另,当所述初始碳纳米管膜中的通孔呈多行多列排布时,所述初始碳纳米管膜中的多个延伸部会形成多个碳纳米管线,所述多个碳纳米管线沿第一方向轴向延伸,且沿第二方向相互平行且间隔设置;且所述初始碳纳米管膜中的多个连接部会形成多个碳纳米管团簇,所述碳纳米管团簇会沿着所述第二方向通过所述碳纳米管线搭接在一起,且沿第一方向间隔设置。所以,此时,所述碳纳米管膜中的多个碳纳米管线相互平行地沿第一方向延伸且沿第二方向间隔设置,形成多个间隔设置的第一导电通路;所述碳纳米管膜中的多个碳纳米管团簇沿所述第一方向间隔设置,并沿所述第二方向通过碳纳米管线连接形成所述多个间隔设置的第二导电通路。

[0058] 可以理解,通过控制沿第二方向排列的通孔之间的间距以及通孔的形状可以控制所述碳纳米管线的直径;通过控制位于第二方向上的相邻通孔之间的间距以及通孔的宽度可以控制相邻的碳纳米管线之间的间距。当所述通孔为长方形,所述通孔的在第二方向的长度分别相等,且位于同一列上的相邻通孔之间的间距相等时,所述多个碳纳米管线的直径相等,且相邻的碳纳米管线之间的间距也相等;进一步,当所述多个通孔的在第一方向的长度分别相等,所述多个碳纳米管团簇基本沿第二方向排列,甚至所述多个碳纳米管团簇的形状基本相同。因此,本发明提供的碳纳米管膜的制备方法可以有效地、简单地控制其中的碳纳米管线之间的间距及碳纳米管线的直径。

[0059] 可以通过调整所述通孔的数量来改变所述碳纳米管膜的电阻,尤其是改变所述碳纳米管膜的导电异向性,也就是说,可以根据对所述碳纳米管膜的电阻的需求来进行步骤S20。

[0060] 需要说明的是,通孔的相关参数影响所述碳纳米管膜的导电性。其中,假定所述初始碳纳米管膜上的通孔均匀分布,且每个通孔为长方形,每个通孔在第一方向上的长度为 a ,每个通孔在第二方向上的长度为 b ,相邻的通孔在第一方向上的间距为 c ,相邻的通孔在第二方向上的间距为 d 。优选地,参数 a 大于参数 d 。其中,所述参数 b 相对于参数 a 相当小时,参数 b 可以认为是0,所述通孔可以被认为直线。具体地,通孔的相关参数对碳纳米管膜的电阻及导电异向性的影响如下:

[0061] (1)当通孔的参数 c 和 d 固定,改变参数 a 和 b 时,所述碳纳米管膜在第二方向与第一方向上的电阻的比值随着参数 a 和 b 的比值(a/b)的增大而变大。也就是说,所述碳纳米管膜的导电异向性与参数 a 和 b 的比值成正比。

[0062] (2)当通孔的参数 a 和 c 固定,改变参数 b 和 d 时,所述碳纳米管膜在第一方向的电阻基本随着参数 b 与 d 的比值(b/d)的增大而变大。

[0063] (3)当通孔的参数 b 和 d 固定,改变参数 a 和 c 时,所述碳纳米管膜在第二方向上的电阻随着参数 a 与参数 c 的比值(a/c)增大而增大;另,可以通过减小参数 a 与 c 的比值的方法来

提高所述碳纳米管膜的导电异向性。

[0064] 可以理解,所述步骤S20中的初始碳纳米管膜在图案化处理之前,应所述事先固定所述初始碳纳米管膜,优选地,将所述初始碳纳米管膜悬空设置。如,当所述初始碳纳米管膜直接从一碳纳米管阵列中拉取获得时,可以先固定所述初始碳纳米管膜远离所述碳纳米管阵列的一端于一固定体,然后再图案化处理所述初始碳纳米管膜形成所述多个通孔,之后再有机溶剂处理所述图案化的初始碳纳米管膜。另外,当收集所述碳纳米管膜时,尤其是采用一可转动的收集轴收集所述碳纳米管膜时,转动所述收集轴,可以一边将制备好的碳纳米管膜收集在所述收集轴上,一边不断的从所述碳纳米管阵列中拉取获得所述预制的碳纳米管膜,从而可以实现自动化生产所述碳纳米管膜。

[0065] 进一步的,可在基底100远离活性层120的表面设置一反射层(图未示),所述反射层的材料可为钛、银、铝、镍、金或其任意组合。当活性层120中产生的光子到达所述反射层后,所述反射层可将光子反射,从而使之从所述发光二极管10的出光面射出,进而可进一步提高所述发光二极管10的出光效率。

[0066] 请参阅图11,本发明第二实施例提供的发光二极管40,其包括:一第一半导体层410、一活性层420、一第二半导体层430、一第一电极440以及一第二电极450。所述第二电极450、第二半导体层430、活性层420以及第一半导体层410依次层叠设在所述第一电极440的表面。所述第一半导体层410与所述第一电极440接触设置;所述第二电极450与第二半导体层430接触设置。所述第二半导体层430远离所述活性层420的表面为所述发光二极管40的出光面。所述第一半导体层410、活性层420、第二半导体层430、第一电极440以及第二电极450分别与本发明第一实施例中的第一半导体层110、活性层120、第二半导体层130、第一电极140以及第二电极150。

[0067] 进一步的,可在第一电极440远离第一半导体层410的表面设置一反射层(图未示),所述反射层的材料可为钛、银、铝、镍、金或其任意组合。当活性层中产生的光子到达所述反射层后,所述反射层可将光子反射,从而使之从所述发光二极管40的出光面射出,进而可进一步提高所述发光二极管40的出光效率。

[0068] 本发明实施例提供的发光二极管具有以下优点:其一,由于碳纳米管具有优异的导电性能,则由碳纳米管组成的碳纳米管膜也具有优异的导电性能,因此,采用上述碳纳米管膜作发光二极管的电极,可以相应的提高发光二极管的有效工作电流,减少电流的损失。其二,由于所述碳纳米管膜具有良好的透光度,其透光度大于95%,故,可以使所述发光二极管具有较好的透明度,从而提高出光效率。其三,由于所述碳纳米管膜包括多个集聚成束的碳纳米管线及碳纳米管团簇,且碳纳米管线及碳纳米管团簇由多个碳纳米管通过范德华力紧密收缩聚集而成,故,所述碳纳米管膜比初始碳纳米管膜以及图案化的初始碳纳米管膜具有更强的机械性能,从而可以提高所述发光二极管的耐用性。

[0069] 另外,本领域技术人员还可在本发明精神内做其他变化,当然,这些依据本发明精神所做的变化,都应包含在本发明所要求保护的范围之内。

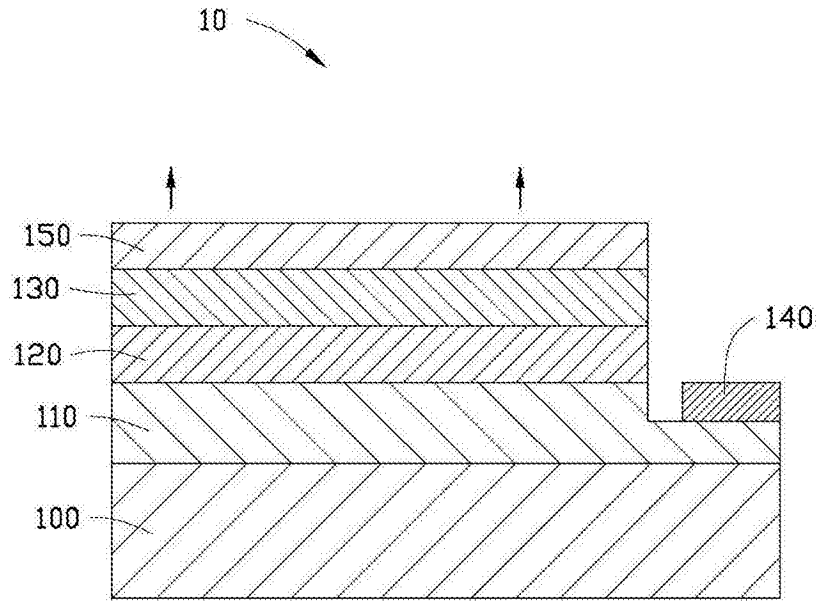


图1

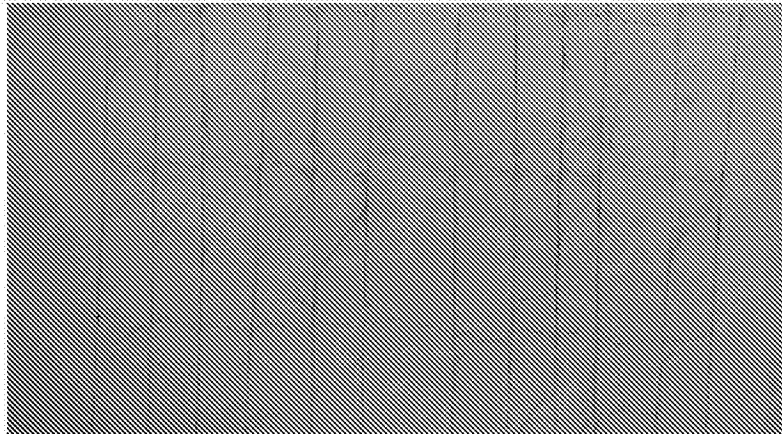


图2

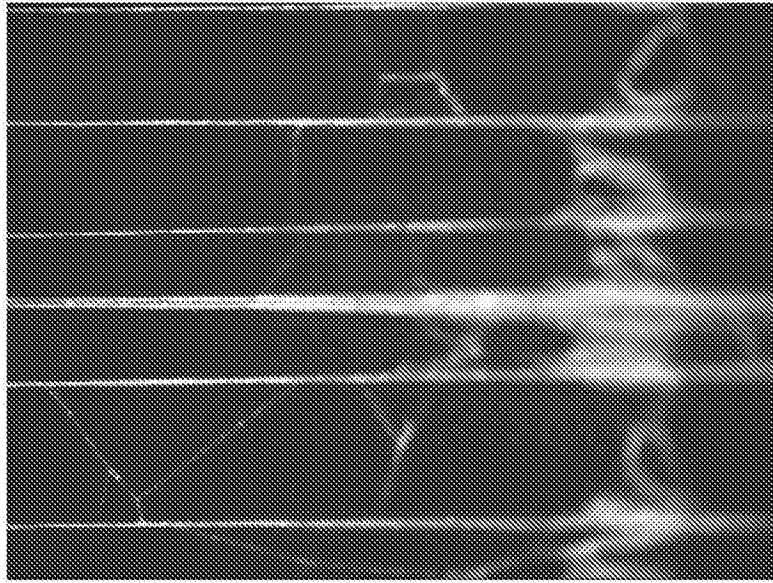


图3

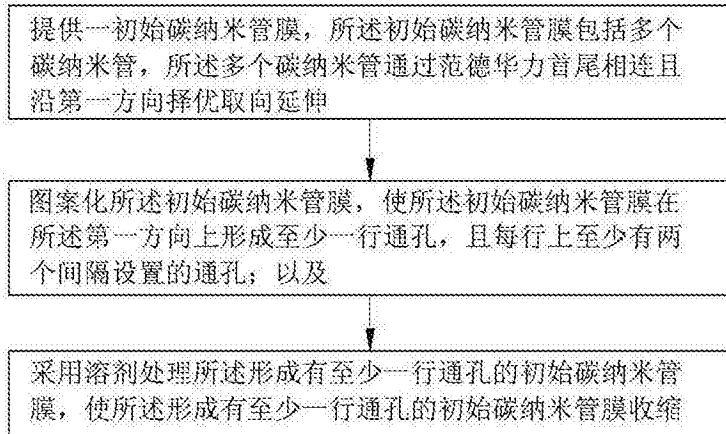


图4

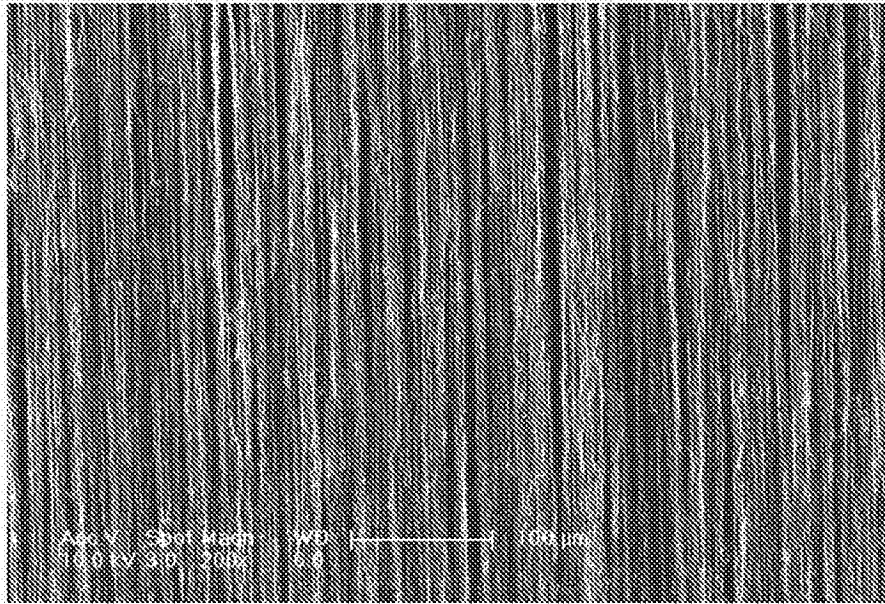


图5

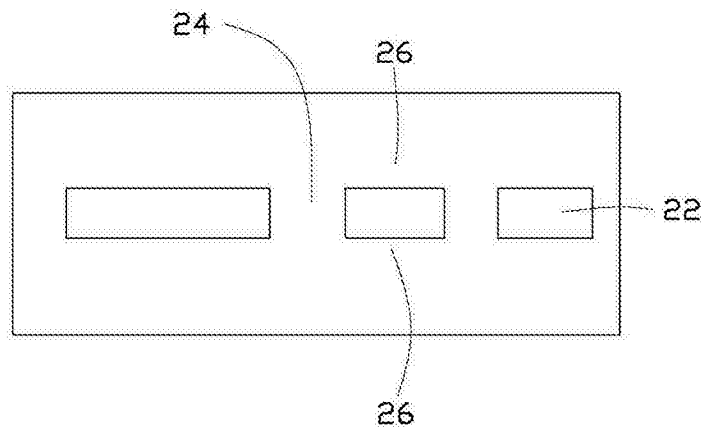


图6

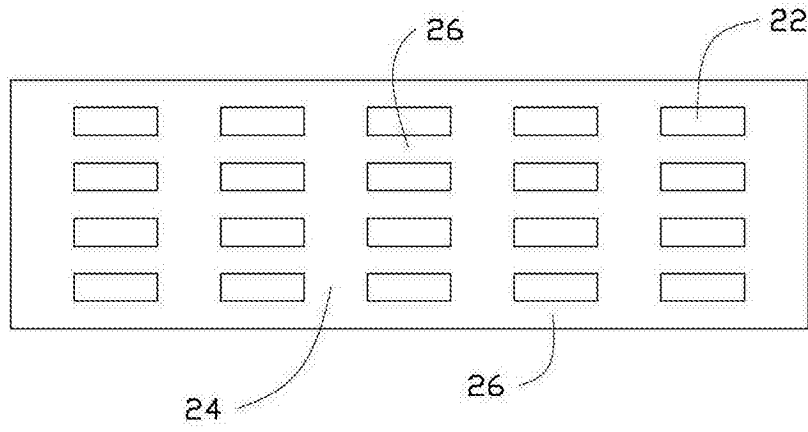


图7

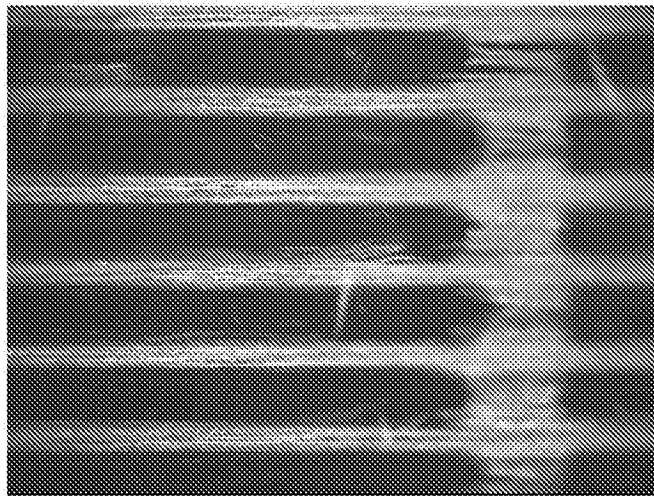


图8

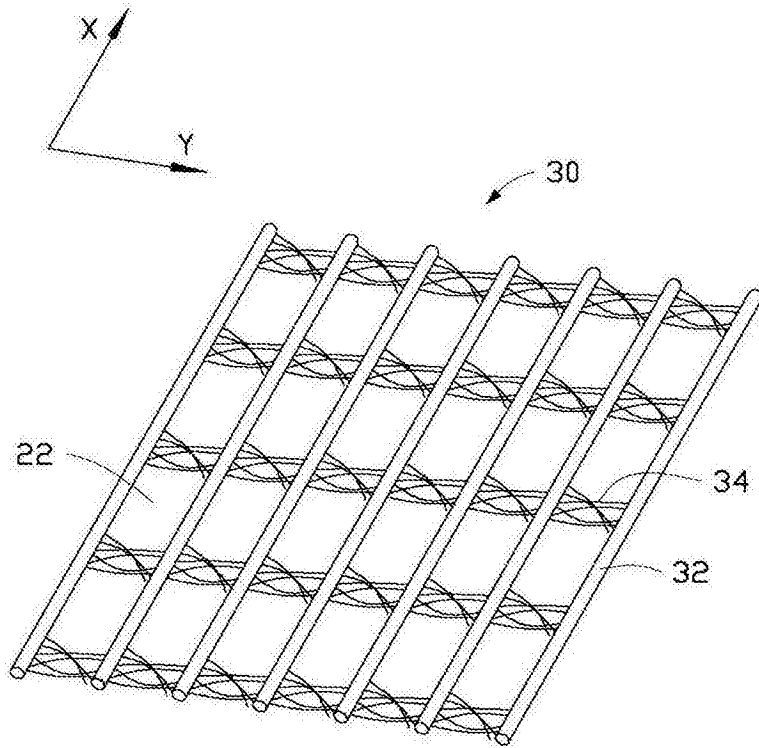


图9

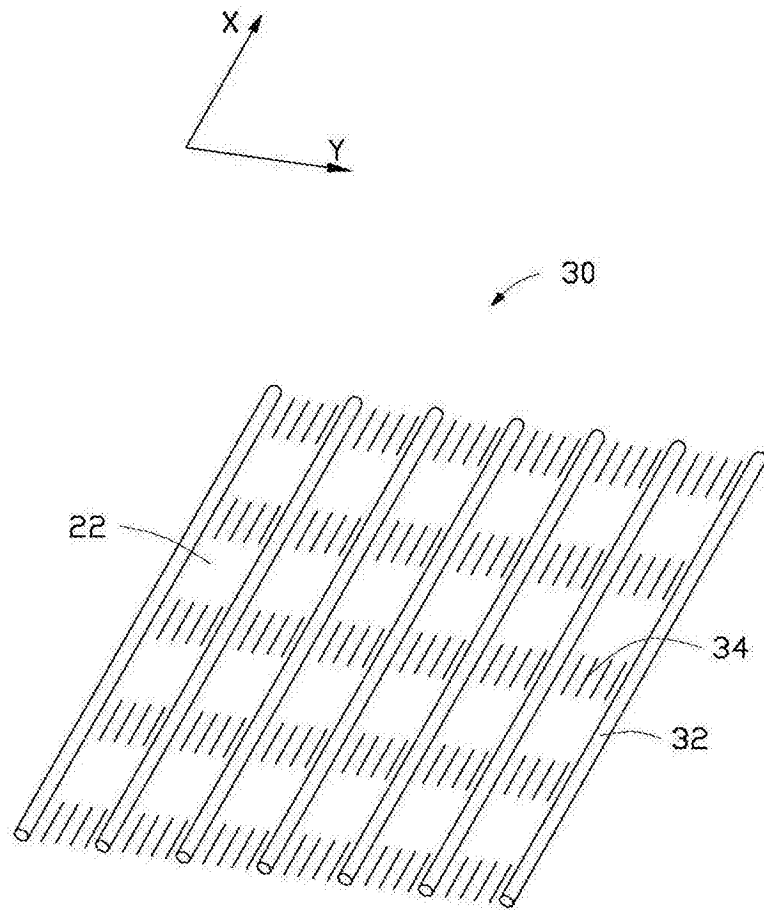


图10

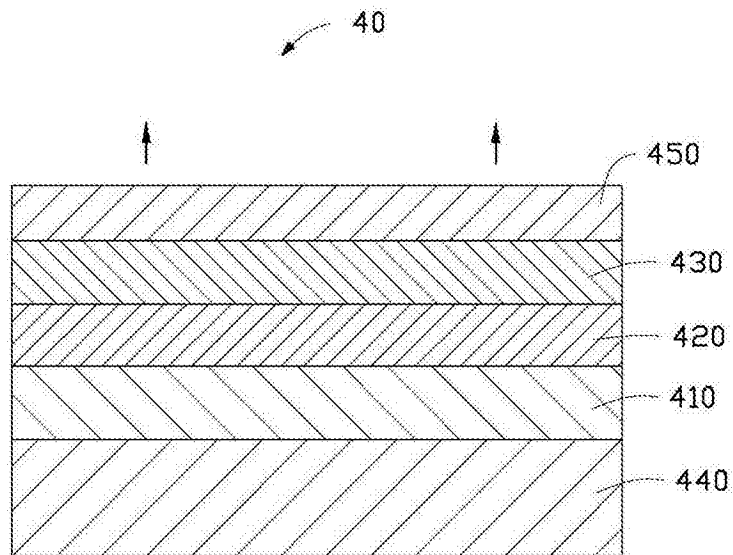


图11