



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102376830 A

(43) 申请公布日 2012. 03. 14

(21) 申请号 201010257526. X

(22) 申请日 2010. 08. 19

(71) 申请人 展晶科技(深圳)有限公司

地址 518109 广东省深圳市宝安区龙华街道  
办油松第十工业区东环二路二号

申请人 荣创能源科技股份有限公司

(72) 发明人 涂博闵 黄世晟 杨顺贵 黄嘉宏

(51) Int. Cl.

H01L 33/02(2010. 01)

H01L 33/10(2010. 01)

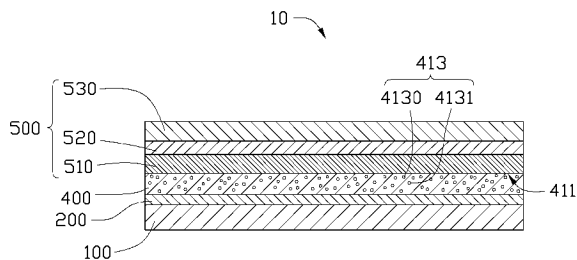
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 3 页

## (54) 发明名称

发光二极管及其制造方法

## (57) 摘要

一种发光二极管,包括基板、缓冲层、半导体层及半导体发光结构,缓冲层位于基板之上,半导体层位于缓冲层之上,半导体发光结构位于半导体层上,所述半导体层内掩埋若干空隙。与现有技术相比,本发明的发光二极管的半导体层内部掩埋空隙,空隙可以反射半导体发光结构朝向基板一侧发出的光线,从而提高光取出效率。本发明还公开一种发光二极管制造方法。



1. 一种发光二极管,包括基板、缓冲层、半导体层及半导体发光结构,缓冲层位于基板之上,半导体层位于缓冲层之上,半导体发光结构位于半导体层上,其特征在于:所述半导体层内掩埋若干空隙。

2. 如权利要求1所述的发光二极管,其特征在于:所述若干空隙呈弥散状分布于所述半导体层内。

3. 如权利要求1至2中任意一项所述的发光二极管,其特征在于:所述若干空隙中至少一部分在基板上的投影重叠。

4. 如权利要求1至2中任意一项所述的发光二极管,其特征在于:所述若干空隙中的一部分空隙比其他空隙靠近于所述半导体发光结构,所述一部分空隙与所述其他空隙错落分布。

5. 如权利要求4所述的发光二极管,其特征在于:所述半导体发光结构射向基板的部分光线被所述一部分空隙反射,所述其他空隙反射射过相邻的所述一部分空隙之间的光线。

6. 如权利要求1所述的发光二极管,其特征在于:所述半导体层没有掺杂杂质。

7. 一种发光二极管制造方法,其包括以下步骤:

提供基板;

于基板上形成阵列分布的若干柱体;

高温下重新生长所述阵列分布的若干柱体以形成内部掩埋若干空隙的半导体层;

于所述半导体层上形成一半导体发光结构。

8. 如权利要求7所述的发光二极管制造方法,其特征在于:于基板上形成阵列分布的若干柱体包括以下步骤:

于基板上形成一缓冲层;

于缓冲层上形成另一半导体层;

于所述另一半导体层上形成金属层;

将该金属层高温热处理以形成金属掩膜;

蚀刻所述另一半导体层以形成阵列分布的若干柱体;

去除金属掩膜。

9. 如权利要求7所述的发光二极管制造方法,其特征在于:高温下重新生长后的所述半导体层的外侧闭合使得所述半导体层内部与外界隔离。

10. 如权利要求9所述的发光二极管制造方法,其特征在于:高温下重新生长后的所述半导体层的顶端闭合形成一界面。

11. 如权利要求7所述的发光二极管制造方法,其特征在于:所述若干空隙弥散分布于高温下重新生长后的所述半导体层内。

12. 如权利要求11中所述的发光二极管制造方法,其特征在于:所述若干空隙中至少一部分在基板上的投影重叠。

13. 如权利要求11中所述的发光二极管制造方法,其特征在于:所述若干空隙中的一部分空隙比其他空隙靠近于所述半导体发光结构,所述一部分空隙与所述其他空隙错落分布。

14. 如权利要求7所述的发光二极管制造方法,其特征在于:高温下重新生长所述阵列

分布的若干柱体的温度大于 1000 摄氏度。

15. 如权利要求 7 所述的发光二极管制造方法,其特征在于:于缓冲层上形成所述另一半导体层的温度为 450 摄氏度 -1000 摄氏度。

16. 如权利要求 15 所述的发光二极管制造方法,其特征在于:于缓冲层上形成所述另一半导体层的温度为 700 摄氏度 -800 摄氏度。

17. 如权利要求 7 所述的发光二极管制造方法,其特征在于:所述半导体层的厚度为 150nm-250nm。

18. 如权利要求 8 所述的发光二极管制造方法,其特征在于:所述金属掩膜包括若干阵列排布的金属颗粒,相邻金属颗粒间隔形成孔洞。

19. 如权利要求 18 所述的发光二极管制造方法,其特征在于:所述金属颗粒的直径介于 50nm-100nm 之间,所述孔洞的直径介于 50nm-100nm 之间。

20. 如权利要求 7 所述的发光二极管制造方法,其特征在于:采用分子束磊晶的方法直接于基板上形成阵列分布的若干柱体。

21. 一种发光二极管,包括基板、缓冲层、半导体层及半导体发光结构,缓冲层位于基板之上,半导体层位于缓冲层之上,半导体发光结构位于半导体层上,其特征在于:所述半导体层内掩埋若干空隙,所述空隙由权利要求 7-20 中任意一项所述的方法制成。

## 发光二极管及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种发光二极管及其制造方法。

### 背景技术

[0002] 在现有技术中,发光二极管一般包括基板、成长在所述基板上的氮化镓 (GaN) 缓冲层、成长在所述氮化镓 (GaN) 缓冲层上的的半导体发光结构。上述发光二极管的结构容易产生以下问题:所述发光结构朝向基板一侧发出的光线进入基板后,被限制在基板内直到能量消耗殆尽,从而造成光损失,影响发光二极管的光取出效率。

### 发明内容

[0003] 有鉴于此,有必要提供一种具有较高光取出效率的发光二极管及其制造方法。

[0004] 一种发光二极管,包括基板、缓冲层、半导体层及半导体发光结构,缓冲层位于基板之上,半导体层位于缓冲层之上,半导体发光结构位于半导体层上,所述半导体层内掩埋若干空隙。

[0005] 与现有技术相比,本发明的发光二极管的半导体层内部掩埋空隙,空隙可以反射半导体发光结构朝向基板一侧发出的光线,从而提高光取出效率。

[0006] 一种发光二极管制造方法,其包括以下步骤:提供基板;于基板上形成阵列分布的若干柱体;高温下重新生长所述阵列分布的若干柱体以形成内部掩埋若干空隙的半导体层;于所述半导体层上形成一半导体发光结构。

[0007] 下面参照附图,结合具体实施例对本发明作进一步的描述。

### 附图说明

[0008] 图 1 为本发明实施方式中的发光二极管的剖面示意图。

[0009] 图 2 为本发明的一较佳实施方式中在基板上形成缓冲层、半导体层及金属层后的剖面示意图。

[0010] 图 3 为图 2 中形成金属掩膜后的剖面示意图。

[0011] 图 4 为图 3 中蚀刻半导体层后的剖面示意图。

[0012] 图 5 为图 4 中去除金属掩膜后的剖面示意图。

[0013] 图 6 为图 5 的半导体层在电子显微镜下的俯视图。

[0014] 图 7 为图 5 的半导体层在电子显微镜下的纵向剖视立体图。

[0015] 主要元件符号说明

[0016]	发光二极管	10
[0017]	基板	100
[0018]	缓冲层	200
[0019]	露出部分	201
[0020]	没有露出部分	202

[0021]	半导体层	300、400
[0022]	柱体	301
[0023]	间隙	302
[0024]	界面	411
[0025]	空隙	413、4130、4131
[0026]	半导体发光结构	500
[0027]	n 型半导体层	510
[0028]	发光层	520
[0029]	p 型半导体层	530
[0030]	露出部分	601
[0031]	没有露出部分	602
[0032]	金属层	700
[0033]	金属掩膜	701
[0034]	孔洞	702
[0035]	金属颗粒	703

### 具体实施方式

[0036] 下面将结合附图,对本发明作进一步的详细说明。

[0037] 请参阅图 1,本发明实施方式提供的发光二极管 10 包括一基板 100、一成长在所述基板 100 上的缓冲层 200、一成长在所述缓冲层 200 上的具有若干空隙 (air-void) 413 的半导体层 400、一成长在所述半导体层 400 上的半导体发光结构 500。

[0038] 所述基板 100 的材料可以为蓝宝石、碳化硅、硅等材料构成。在本实施方式中所述基板 100 的材料为蓝宝石。

[0039] 缓冲层 200 的材料可以为氮化物,例如 GaN、AlN、InN、 $Mg_xN_y/GaN$ 、 $Si_xN_y/GaN$ 、 $In_xGa_{1-x}N/In_yGa_{1-y}N$  及  $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$  的任意一项组合,缓冲层 200 的厚度优选为 20nm-30nm。

[0040] 半导体层 400 没有掺杂杂质,半导体层 400 的材料可以为 GaN、AlN、InN 及  $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$  的任意一项组合。半导体层 400 朝向发光结构 500 具有一界面 411。若干空隙 413 呈弥散状掩埋于半导体层 400 内。该若干空隙 413 中至少一部分在基板 100 上的投影重叠。进一步而言,该若干空隙 413 中的一部分空隙 4130 比其它空隙 4131 靠近于所述半导体发光结构 500,该一部分空隙 4130 与其他空隙 4131 错落分布。所述半导体发光结构 500 射向基板 100 的部分光线被空隙 4130 反射,然,相邻空隙 4130 之间不存在全反射结构,其他光线射过相邻空隙 4130 之间且继续射向基板 100。空隙 4131 起到补充反射的作用,空隙 4131 进一步反射射过相邻空隙 4130 之间的光线。

[0041] 所述半导体发光结构 500 包括形成在所述半导体层 400 的界面 411 上的 n 型半导体层 510、形成在所述 n 型半导体层 510 上的发光层 520 以及形成在所述发光层 520 上的 p 型半导体层 530。n 型半导体层 510、发光层 520 及 p 型半导体层 530 的材料为氮化物,所述发光层 520 可以为单异质结构、双异质结构、单量子井结构或是多重量子井结构。

[0042] 请一并参阅图 2- 图 7,本发明实施方式提供的一种发光二极管的制造方法包括以下几个步骤:

[0043] 提供一基板 100。

[0044] 于基板 100 上形成一缓冲层 200, 缓冲层 200 的生长温度大约为 450 摄氏度 -800 摄氏度, 缓冲层 200 的厚度优选为 20nm-30nm。

[0045] 于缓冲层 200 上形成一半导体层 300, 该半导体层 300 的生长温度为 450 摄氏度 -1000 摄氏度, 其生长优选温度为 700 摄氏度 -800 摄氏度, 半导体层 300 的厚度优选为 150nm-250nm。

[0046] 于该半导体层 300 上形成一金属层 700, 该金属层 700 的材料可以为镍、铂、金或者铬, 金属层 700 的厚度为 10nm-500nm, 优选为 50nm-100nm。

[0047] 将该金属层 700 高温热处理以形成金属掩膜 701 (metal hard mask), 金属掩膜 701 上具有使得部分半导体层 300 露出的若干孔洞 702。具体而言, 将上述步骤的产物在氮气环境下高温热处理, 温度为 500 摄氏度 -1000 摄氏度, 热处理时间为 2-10 分钟。进一步而言, 高温热处理的温度优选为 800 摄氏度 -1000 摄氏度, 高温处理的时间优选为 7-10 分钟。金属层 700 在高温热处理过程中由于内聚效应形成金属掩膜 701, 该金属掩膜 701 包括若干阵列排布的金属颗粒 703 (self-assembled nanocluster), 相邻金属颗粒 703 间隔形成孔洞 702, 金属颗粒 703 的直径可以为 50nm-100nm, 孔洞 702 的直径可以为 50nm-100nm, 半导体层 300 的露出部分 601 通过孔洞 702 与外界接触, 半导体层 300 的没有露出部分 602 被金属颗粒 703 覆盖。

[0048] 蚀刻半导体层 300。金属掩膜 701 的金属颗粒 703 覆盖半导体层 300 的没有露出部分 601, 故半导体层 300 的没有露出部分 601 不被蚀刻; 半导体层 300 的露出部分 602 沿金属掩膜 701 的孔洞 702 方向被蚀刻, 从而半导体层 300 仅留下被金属颗粒 703 覆盖的没有露出部分 602 以形成分布于缓冲层 200 上的柱体 301, 即半导体层 300 被有选择性蚀刻成阵列分布的若干柱体 301, 相邻柱体 301 相互间隔形成间隙 302 (请一并参阅图 6-图 7), 间隙 302 的密度与金属颗粒 703 分布在半导体层 300 上的密度相关。柱体 301 的顶端被金属掩膜 701 披覆。在本实施方式中, 半导体层 300 的露出部分 602 被蚀刻至缓冲层 200, 使得部分的缓冲层 200 露出, 缓冲层 200 的露出部分 201 通过该若干间隙 302 与外界接触, 缓冲层 200 的没有露出部分 202 被柱体 301 披覆。在其他实施方式中, 半导体层 300 的露出部分 602 沿孔洞 702 方向亦可仅被部分蚀刻, 而不被蚀刻至缓冲层 200。上述实施方式均使得半导体层 300 被有选择性蚀刻成阵列分布的若干柱体 301。蚀刻的方法可以采用湿式蚀刻或者干式蚀刻。

[0049] 去除金属掩膜 701, 使得半导体层 300 的柱体 301 的顶端与外界接触。

[0050] 高温下重新生长半导体层 300 从而得到掩埋空隙 413 的半导体层 400, 重新生长的温度优选为 1000 摄氏度以上。具体而言, 将半导体层 300 放入金属有机化学气相沉积反应器中, 在高温环境下半导体层 300 再次生长并再结晶 (recrystallizing), 半导体层 300 的外侧相对其内部较早接触反应气体, 半导体层 300 的外侧的反应速度相对较快, 在间隙 302 内的空气被完全排出之前, 半导体层 300 的外侧已经闭合使得半导体层 300 内部与外界隔离, 且半导体层 300 的顶端闭合形成界面 411, 从而间隙 302 内的空气不能被完全排出, 最终残留在半导体层 400 的空气即为空隙 413, 空隙 413 最终呈弥漫状 (不规则地) 分布于半导体层 400 中。

[0051] 于半导体层 400 的界面 411 上形成一半导体发光结构 500, 其采用金属有机化合物

化学气相沉积 (MOCVD) 或者分子束外延生长 (MBE) 制程工艺。

[0052] 半导体层 400 内部掩埋空隙 413, 基于全反射原理, 所述发光层 520 朝向缓冲层 200 发出的一部分光线在半导体层 400 被空隙 413 反射至所述发光二极管 10 的出光侧, 减少射向缓冲层 200 以及基板 100 的光线, 从而提升了所述发光二极管 10 的光取出效率。进一步而言, 本发明采用金属热处理工艺形成金属掩膜 701, 完全不同于现有的半导体黄光微影制程, 并且本发明的金属掩膜 701 的孔洞 702 相对较小, 使得最终形成的空隙 413 相对较密, 进一步提高光取出效率。

[0053] 更进一步而言, 空隙 413 呈三维立体态分布于半导体层 400 内, 即使半导体发光结构 500 射向基板 100 的部分光线射过相邻空隙 4130 之间, 位于空隙 4130 下方的空隙 4131 进一步反射射过相邻空隙 4130 之间的光线, 起到补充反射作用, 更进一步提高光取出效率。

[0054] 另, 由于半导体层 400 经过高温重新生长, 所以半导体层 400 具有较佳的晶格品质, 从而生长在界面 411 上的半导体发光结构 500 亦具有较佳的晶格品质。

[0055] 上述发光二极管的制造方法中采用有机化学气相沉积 (MOCVD) 和蚀刻的方法获得阵列分布的若干柱体 301, 亦可以采用分子束磊晶 (MBE) 的方法直接在基板 100 上形成阵列分布的若干柱体 301, 而无需形成金属掩膜 701、蚀刻半导体层 300 和去除金属掩膜 701 的步骤, 具体可参阅 E. Calleja 等人在文献 Physical Review B, Vol. 62, No. 24 (2000 年 12 月) 中发表的“*Luminescence Properties and Defects in GaN Nanocolumns Grown by Molecular Beam Epitaxy*”一文。后续的高温下重新生长及形成半导体发光结构 500 的步骤如前所述, 在此不予赘述。

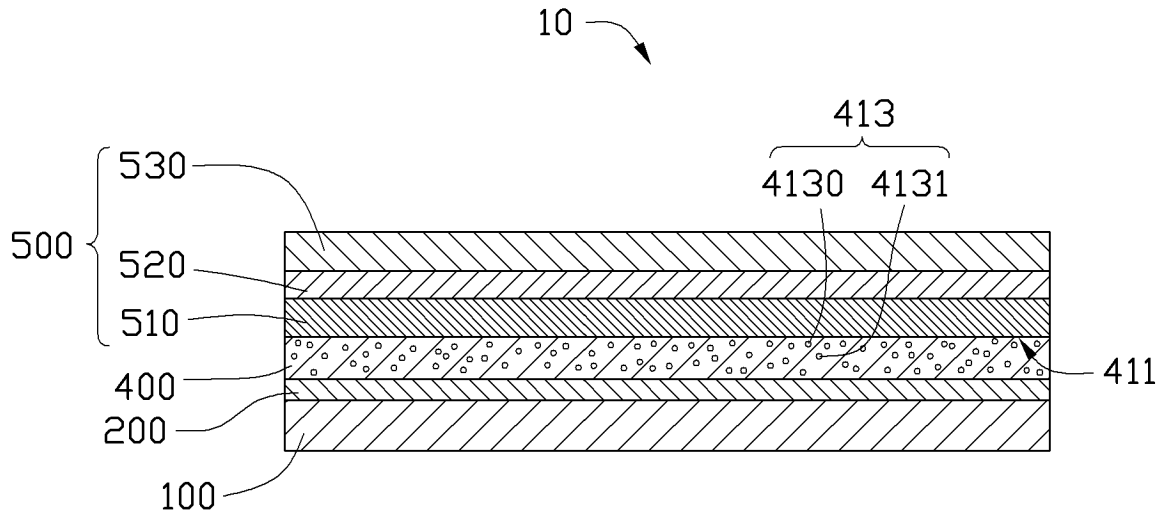


图 1

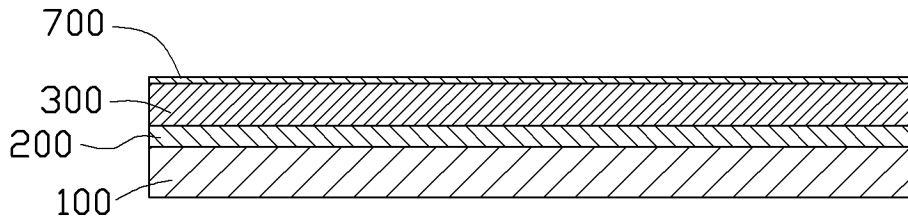


图 2

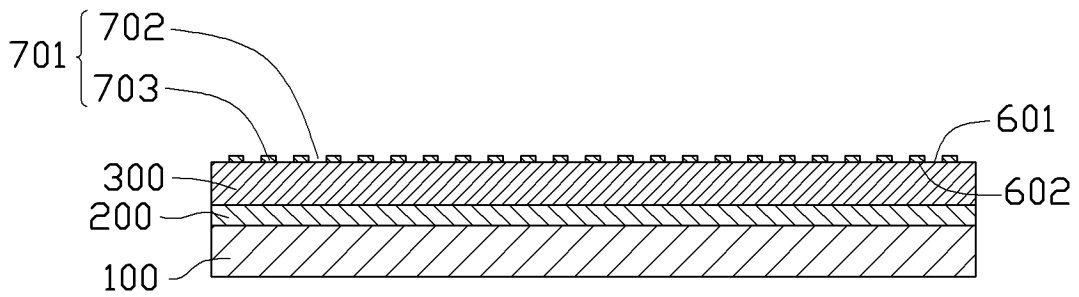


图 3

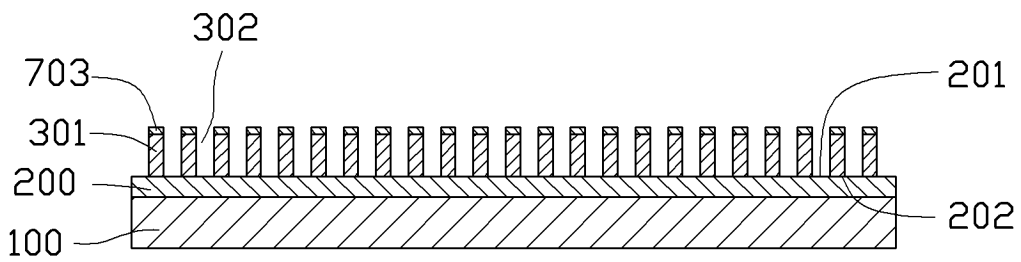


图 4

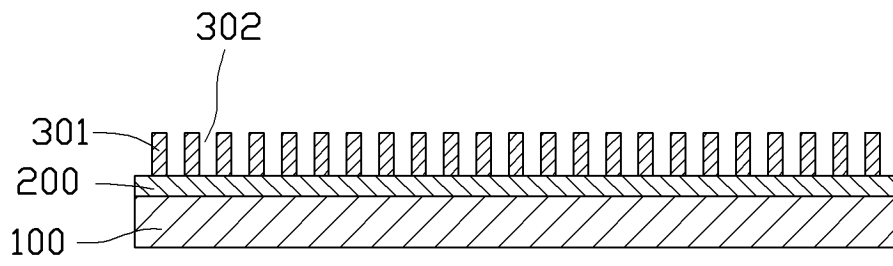


图 5

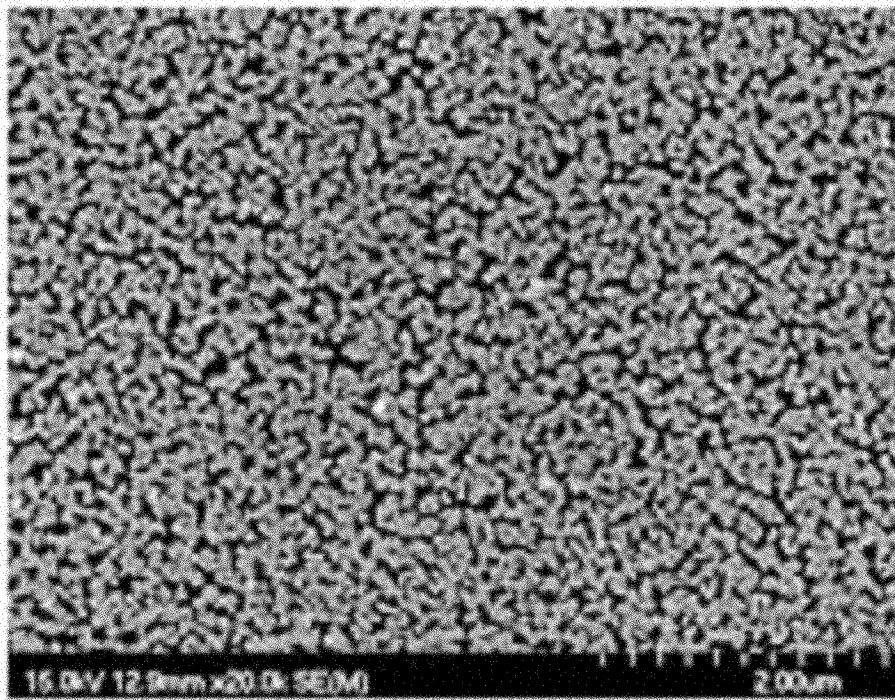


图 6

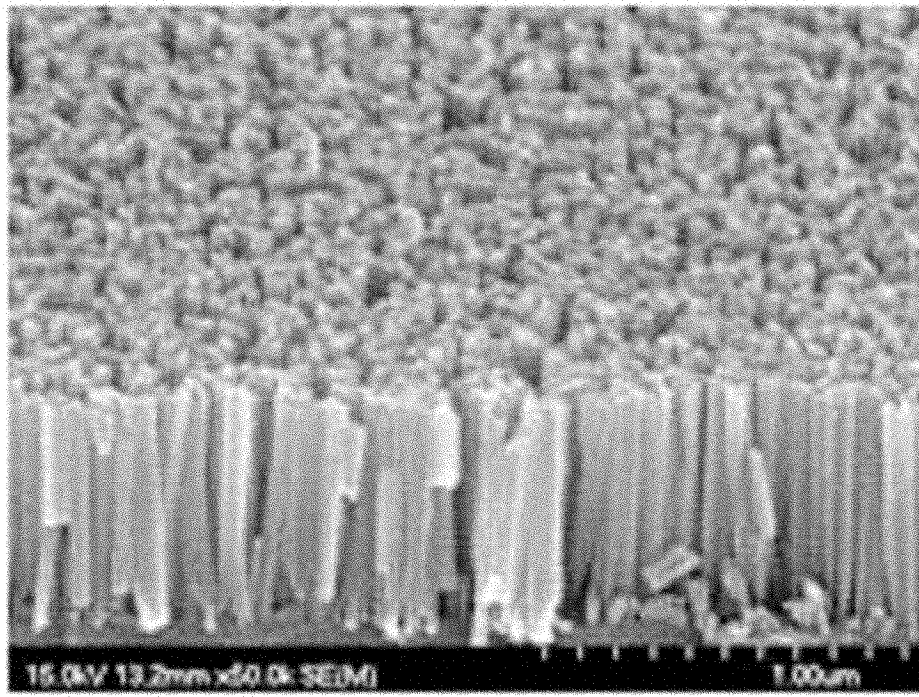


图 7