



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103608937 B

(45)授权公告日 2017.03.22

(21)申请号 201280029867.9
 (22)申请日 2012.04.27
 (65)同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 103608937 A
 (43)申请公布日 2014.02.26
 (30)优先权数据
 10-2011-0040174 2011.04.28 KR
 (85)PCT国际申请进入国家阶段日
 2013.12.17
 (86)PCT国际申请的申请数据
 PCT/KR2012/003309 2012.04.27
 (87)PCT国际申请的公布数据
 W02012/148228 KO 2012.11.01
 (73)专利权人 PSI株式会社
 地址 韩国京畿道
 (72)发明人 都永洛 成演国
 (74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
 代理人 康建峰 唐京桥

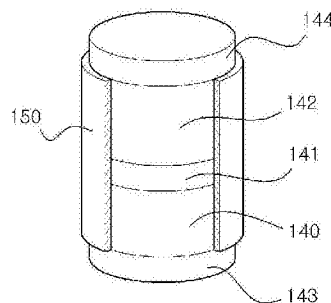
(51)Int.Cl.
 H01L 33/02(2006.01)
 H01L 33/44(2006.01)
 H01L 21/306(2006.01)
 (56)对比文件
 KR 10-2011-0040676 A,2011.04.20,
 KR 10-2011-0040676 A,2011.04.20,
 WO 2010/068460 A2,2010.06.17,
 KR 10-2011-0040676 A,2011.04.20,
 US 2006/0008943 A1,2006.01.12,
 C.H.Chiu等.Fabrication of InGaN/GaN
 nanorod light-emitting diodes with self-
 assembled Ni metal islands.《Journal of
 Nanotechnology》.2007,第18卷第1-4页.

审查员 邓湛川

权利要求书2页 说明书11页 附图22页

(54)发明名称
 超小型LED元件及其制造方法
 (57)摘要
 本发明涉及一种超小型LED元件及其制造方法,并且更加具体地涉及一种超小型LED元件,其包括:第一导电半导体层;活性层,其形成在第一导电半导体层上;以及微米或纳米尺寸的半导体发光二极管,其包括形成在活性层上的第二导电半导体层,其中,半导体发光二极管是在其外围表面上包括涂敷的绝缘膜的超小型LED元件,并且涉及一种用于制造超小型LED元件的方法,该方法包括以下步骤:1)在基板上按顺序形成第一导电半导体层、活性层和第二导电半导体层;2)蚀刻第一导电半导体层、活性层和第二导电半导体层,以便LED元件的直径为纳米或微米尺寸;以及3)在第一导电半导体层、活性层和第二导电半

导体层的外围表面上形成绝缘膜,并且去除基板。根据本发明,通过组合自顶向下方法和自底向上方法可以有效地产生纳米或微米尺寸的超小型LED元件,并且通过防止产生的超小型LED元件的表面缺陷可以提高光发射效率。



1. 一种超小型LED元件的制造方法,包括:
 - 1) 在基板上按顺序形成第一导电半导体层、活性层和第二导电半导体层;
 - 2) 蚀刻所述第一导电半导体层、所述活性层和所述第二导电半导体层,以便所述LED元件具有纳米或微米级别的直径;以及
 - 3) 在所述第一导电半导体层、所述活性层和所述第二导电半导体层的外围上形成绝缘膜,用疏水膜涂敷所述绝缘膜的上部,并且去除所述基板。
2. 根据权利要求1所述的超小型LED元件的制造方法,其中,所述第一导电半导体层包括至少一个n型半导体层,并且所述第二导电半导体层包括至少一个p型半导体层。
3. 根据权利要求1所述的超小型LED元件的制造方法,其中,所述步骤2)包括:
 - 2-1) 在所述第二导电半导体层上按顺序形成第二电极层、绝缘层和金属掩模层;
 - 2-2) 在所述金属掩模层上形成聚合物层,并且以纳米或微米间隔来图案化所述聚合物层;
 - 2-3) 根据具有纳米或微米间隔的图案来干蚀刻或湿蚀刻所述第一导电半导体层、所述活性层和所述第二导电半导体层;以及
 - 2-4) 去除所述绝缘层、所述金属掩模层和所述聚合物层。
4. 根据权利要求1所述的超小型LED元件的制造方法,其中,所述步骤2)包括:
 - 2-5) 在所述第二导电半导体层上形成第二电极层、绝缘层和金属掩模层;
 - 2-6) 在所述金属掩模层上形成纳米球或微米球单层并且执行自组装;
 - 2-7) 根据具有纳米或微米间隔的图案来干蚀刻或湿蚀刻所述第一导电半导体层、所述活性层和所述第二导电半导体层;以及
 - 2-8) 去除所述绝缘层、所述金属掩模层和所述单层。
5. 根据权利要求4所述的超小型LED元件的制造方法,其中,所述纳米球或微米球由聚苯乙烯制成。
6. 根据权利要求3或4所述的超小型LED元件的制造方法,其中,所述步骤3)包括:
 - 3-1) 在所述第二电极层上形成支持膜;
 - 3-2) 在包括所述第一导电半导体层、所述活性层和所述第二导电半导体层的外围上形成绝缘膜;
 - 3-3) 用疏水膜涂敷所述绝缘膜的上部;
 - 3-4) 去除所述基板;
 - 3-5) 在所述第一导电半导体层的下部形成第一电极层;以及
 - 3-6) 去除所述支持膜以制造多个超小型LED元件。
7. 根据权利要求3所述的超小型LED元件的制造方法,其中,所述步骤3)包括:
 - 3-7) 在所述第二电极层上形成支持膜;
 - 3-8) 在包括所述第一导电半导体层、所述活性层和所述第二导电半导体层的外围上形成绝缘膜;
 - 3-9) 用疏水膜涂敷所述绝缘膜的上部;
 - 3-10) 去除所述基板;
 - 3-11) 在所述第一导电半导体层的下部形成第一电极层;
 - 3-12) 在所述第一电极层和所述第二电极层的至少一个表面上形成耦合链接器;以及

- 3-13)去除所述支持膜以制造多个超小型LED元件。
- 8.一种超小型LED元件,包括:
第一导电半导体层;
活性层,其形成在所述第一导电半导体层上;以及
微米或纳米尺寸的半导体发光元件,其包括形成在所述活性层上的第二导电半导体层,
其中,所述半导体发光元件的外围涂敷有绝缘膜,并且
其中,所述绝缘膜的上部涂敷有疏水膜。
- 9.根据权利要求8所述的超小型LED元件,其中,第一电极层形成在所述第一导电半导体层的下部,并且第二电极层形成在所述第二导电半导体层的上部。
- 10.根据权利要求9所述的超小型LED元件,其中,用于自组装的耦合链接器设置到所述第一电极层的下表面和所述第二电极层的上表面中的至少一个。
- 11.根据权利要求10所述的超小型LED元件,其中,所述耦合链接器互补地耦合到LED显示器的基板。
- 12.根据权利要求8所述的超小型LED元件,其中,所述第一导电半导体层包括至少一个n型半导体层,并且所述第二导电半导体层包括至少一个p型半导体层。
- 13.根据权利要求8所述的超小型LED元件,其中,所述绝缘膜包括从由 SiO_2 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 和 TiO_2 组成的组中选择的至少一个,并且所述疏水膜包括SAM和氟聚合物中的至少一个。
- 14.根据权利要求10所述的超小型LED元件,其中,所述耦合链接器包括硫醇基。

超小型LED元件及其制造方法

技术领域

[0001] 本公开涉及超小型LED元件及其制造方法,并且更加具体地涉及这样一种超小型LED元件及其制造方法,所述超小型LED元件能够通过组合自顶向下方式和自底向上方式来有效地产生纳米或微米尺寸的超小型LED元件,并且能够通过防止产生的超小型LED元件的表面缺陷来提高光发射效率。

背景技术

[0002] 目前,针对通过以下方式来开发具有高的光转换效率的发光二极管(LED)存在积极的努力:通过使用具有大带隙的基于氮化物的半导体来改进基于氮化物的半导体生长结构或生长膜制造工艺。

[0003] 然而,迄今在现有技术中已知的LED TV采用白或三色LED元件作为背光,而不是现有的LCD TV中使用的冷阴极荧光灯(CCFL)背光,并且这实际上是使用LED背光的LCD TV。详细地,具有插入到超大基板中的几万或几十万个三色(红、绿和蓝)LED灯的户外电子显示板被认为是目前可用的全色LED显示器,它基本上是日常生活遇到的唯一可用产品。因此,在准确的概念中,LED全色显示器目前尚未被实施为家庭TV或计算机监视器。

[0004] 由于使用LED元件的显示器制造技术和全色实现技术方面的限制,尚未使用现有的LED元件开发出具有TV或监视器尺寸的显示器。在现有的LED元件制造方法中,III-V族材料的p型半导体层、量子阱层和n型半导体层借助于金属有机化学气相沉积(MOCVD)沉积到2至8英寸的蓝宝石基板,然后通过各种后处理如切割、布线或封装等做出期望形状的LED元件。如果通过使用这种方法直接做出用于TV的显示器,则通过简单的计算,可以通过连接5至40个2至8英寸的晶片来产生40英寸的TV。因此,为了通过使用已知的制造技术用LED元件来直接实现TV级别的显示器,存在众多的当前技术尚未克服的问题。另外,为了实现全色,红绿蓝三色LED元件应当放到单个像素中,而通过简单地接合红绿蓝晶片不能实现LED全色显示器。

[0005] 为了实现高效LED显示器,可以使用自底向上方式,在所述自底向上方式中,在用于实际显示器的大尺寸的玻璃基板的图案化的像素部位直接生长III-V族膜和纳米棒LED元件。如迄今许多研究中已知的那样,在其中生长III-V族膜的MOCVD方法中,考虑到设备,直接沉积到诸如用于TV的显示器之类的大尺寸基板的工艺是不可能的。此外,在现有技术中已知的是,考虑到结晶学,在透明非晶玻璃基板上图案化的透明电极上生长高结晶度/高效III-V族膜和纳米棒异质结LED元件是非常困难的。由于这样的技术限制,用于在不使用小元件的情况下通过直接在大尺寸的玻璃基板上生长LED元件来实现用于TV或监视器的全色显示器的方法基本上未被尝试。

[0006] 许多研究者从事的用于实现LED显示器的另一种方法是基于纳米技术的自底向上方式。在这种方法中,在单晶基板上生长纳米棒型LED,然后这在用像素图案化的电极上以自底向上的方式部分地拾取并重新布置,从而实现大尺寸的显示器。然而,与在现有的晶片上生长的膜型LED相比,以自底向上方式制造的纳米棒LED具有严重不良的光发射效率。因

此,即使使用这种技术实现了LED显示器,效率恶化问题在相当长的时期内可能也不易解决。此外,为了借助于自底向上方式的自组装而在电极上布置以自底向上方式生长的纳米棒LED元件,有必要获得具有统一尺寸和高度的纳米棒元件。然而,如果使用在现有技术中众所周知的纳米棒生长方法如气-液-固(VLS)方法,则具有适合于自组装的统一尺寸和特性的纳米棒LED元件的大规模生产的可能性非常低。

[0007] 作为另一种方案,存在自顶向下方式,在所述自顶向下方式中,通过切割高效LED元件来实现LED显示器。一般而言,在这种方法中,通过以下方式来实现显示器:以一对一的关系在大尺寸玻璃基板的每个子像素部位布置以自顶向下方式制备的单个微型LED元件。详细地,由于以自顶向下方式制备的单独微型LED被制造到每个子像素中,所以针对小的微型LED显示器已开发了微米尺寸的LED显示器。在这种情况下,在LED元件在蓝宝石基板上生长之后,将LED元件图案化成微米尺寸以做出微型LED元件,然后电极被布线,从而实现比晶片基板尺寸小的微型LED显示器。如果使用这种方法,则效率方面没有问题,但是由于基板尺寸和制造工艺方面的限制,不可能实现大尺寸的LED显示器。

[0008] 结果,由于蚀刻工作造成的表面缺陷的增加,使用现有的自顶向下或自底向上方式制造的超小型LED元件很有可能在效率和稳定性方面造成问题。另外,在独立的超小型LED元件的情况下,由于超小型元件之间的表面极性而生成相互粘结性以形成聚集体,这可能在像素图案化过程中导致许多缺陷。因此,制造独立的超小型微型LED元件在实现允许大规模生产的高效/大尺寸LED显示器方面具有限制。

[0009] 进一步,在根据现有方法制备的超小型LED元件定位于LED显示基板的子像素(像素部位)的情况下,由于LED元件的小尺寸,超小型LED元件可能不会直立地站在LED显示器的子像素上,而可能会躺倒或翻转。

发明内容

[0010] 技术问题

[0011] 本公开旨在提供一种超小型LED元件的制造方法,其可以解决由用于超小型LED元件的蚀刻工作造成的表面缺陷的增加引起的超小型LED元件的聚集以及效率和稳定性恶化的问题。

[0012] 本公开还旨在提供一种超小型LED元件,其可以准确地定位于LED显示器的子像素(像素部位)而不会躺下或翻转。

[0013] 技术方案

[0014] 在本公开的一方面,提供了一种超小型LED元件的制造方法,该方法包括:1)在基板上按顺序形成第一导电半导体层、活性层和第二导电半导体层;2)蚀刻所述第一导电半导体层、所述活性层和所述第二导电半导体层,以便所述LED元件具有纳米或微米级别的直径;以及3)在所述第一导电半导体层、所述活性层和所述第二导电半导体层的外围上形成绝缘膜,并且去除所述基板。

[0015] 根据本公开的实施例,第一导电半导体层可以包括至少一个n型半导体层,并且第二导电半导体层可以包括至少一个p型半导体层。

[0016] 根据本公开的另一个实施例,步骤2)可以包括:2-1)在所述第二导电半导体层上按顺序形成第二电极层、绝缘层和金属掩模层;2-2)在所述金属掩模层上形成聚合物层,并

且以纳米或微米间隔来图案化所述聚合物层;2-3)根据具有纳米或微米间隔的图案来干蚀刻或湿蚀刻所述第一导电半导体层、所述活性层和所述第二导电半导体层;以及2-4)去除所述绝缘层、所述金属掩模层和所述聚合物层。

[0017] 根据本公开的另一个实施例,步骤2)可以包括:2-5)在所述第二导电半导体层上形成第二电极层、绝缘层和金属掩模层;2-6)在所述金属掩模层上形成纳米球或微米球单层并且执行自组装;2-7)根据具有纳米或微米间隔的图案来干蚀刻或湿蚀刻所述第一导电半导体层、所述活性层和所述第二导电半导体层;以及2-8)去除所述绝缘层、所述金属掩模层和所述单层。

[0018] 根据本公开的另一个实施例,纳米球或微米球可以由聚苯乙烯制成。

[0019] 根据本公开的另一个实施例,步骤3)可以包括:3-1)在所述第二电极层上形成支持膜;3-2)在包括所述第一导电半导体层、所述活性层和所述第二导电半导体层的外围上形成绝缘膜;3-3)用疏水膜涂敷所述绝缘膜的上部;3-4)去除所述基板;3-5)在所述第一导电半导体层的下部形成第一电极层;以及3-6)去除所述支持膜以制造多个超小型LED元件。

[0020] 根据本公开的另一个实施例,步骤3)可以包括:3-7)在所述第二电极层上形成支持膜;3-8)在包括所述第一导电半导体层、所述活性层和所述第二导电半导体层的外围上形成绝缘膜;3-9)去除所述基板;3-10)在所述第一导电半导体层的下部形成第一电极层;3-11)在所述第一电极层和所述第二电极层的至少一个表面上形成耦合链接器;以及3-12)去除所述支持膜以制造多个超小型LED元件。

[0021] 在本公开的另一方面,提供了一种超小型LED元件,该超小型LED元件包括:第一导电半导体层;活性层,其形成在所述第一导电半导体层上;以及微米或纳米尺寸的半导体发光元件,其包括形成在所述活性层上的第二导电半导体层,其中,所述半导体发光元件的外围涂敷有绝缘膜。

[0022] 根据本公开的实施例,绝缘膜的上部可以涂敷有疏水膜。

[0023] 根据本公开的另一个实施例,第一电极层可以形成在第一导电半导体层的下部,并且第二电极层可以形成在第二导电半导体层的上部。

[0024] 根据本公开的另一个实施例,用于自组装的耦合链接器可以设置到第一电极层的下表面和第二电极层的上表面中的至少一个。

[0025] 根据本公开的另一个实施例,耦合链接器可以互补地耦合到LED显示器的基板。

[0026] 根据本公开的另一个实施例,第一导电半导体层可以包括至少一个n型半导体层,并且第二导电半导体层可以包括至少一个p型半导体层。

[0027] 根据本公开的另一个实施例,绝缘膜可以包括从由 SiO_2 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 和 TiO_2 组成的组中选择的至少一个,疏水膜可以包括SAM和氟聚合物中的至少一个,并且耦合链接器可以包括硫醇基。

[0028] 在下文中,在本公开中,当表达任何层(膜)、区域、图案或结构形成在任何层(膜)、区域或图案“(上)的上部”或“(下)的下部”时,表达“上部(上)”和“下部(下)”既包括“直接”又包括“间接”。另外,基于附图来描述每个层的“高(上)”或“低(下)”的标准。

[0029] 有益效果

[0030] 根据本公开的超小型LED元件的制造方法可以解决现有超小型LED元件的问题,亦即蚀刻工作造成的表面缺陷的增加、作为结果的效率和稳定性恶化以及超小型LED元件之

间的聚集。

[0031] 另外,根据本公开的超小型LED元件并未造成表面缺陷和聚集,并且超小型LED元件可以准确地定位于LED显示器的子像素(像素部位)而不会躺下或翻转,从而极大地提高了LED显示器的效率。

[0032] 此外,由于根据本公开的超小型LED元件可以通过组合耦合链接器来自由地组装到期望的像素图案位置,所以LED显示器可以用各种方式来应用。

附图说明

[0033] 图1是用于图示根据本公开的实施例的形成LED基本要素层的步骤的截面图。

[0034] 图2是用于图示本公开的在第二导电半导体层上形成第二电极层、绝缘层和金属掩模层的步骤的截面图。

[0035] 图3是用于图示本公开的在金属掩模层上形成纳米球或微米球单层的步骤的截面图。

[0036] 图4是用于图示本公开的灰化纳米球或微米球单层的步骤的截面图。

[0037] 图5是用于图示本公开的蚀刻步骤的截面图。

[0038] 图6是用于图示根据本公开的去掉球单层、金属掩模层和绝缘层的步骤的截面图。

[0039] 图7是用于图示本公开的将支持膜附接到第二电极层上的步骤的截面图。

[0040] 图8是用于图示用绝缘膜涂敷本公开的LED元件的外围的步骤的截面图。

[0041] 图9是用于图示用疏水膜涂敷本公开的LED元件的外围上形成的绝缘膜的步骤的截面图。

[0042] 图10是用于图示去除本公开的LED元件的第一导电半导体层之下形成的基板的步骤的截面图。

[0043] 图11是用于图示在从中去除了基板的本公开的第一导电半导体层之下沉积电极的步骤的截面图。

[0044] 图12是用于图示以用于自组装的耦合链接器来涂敷本公开的电极的表面的步骤的截面图。

[0045] 图13是用于图示根据本公开的通过去除支持膜来制备独立的超小型LED元件的步骤的截面图。

[0046] 图14是示出根据本公开的其中LED元件的外围涂敷有绝缘膜的超小型LED元件的透视图。

[0047] 图15是示出根据本公开的其中LED元件的外围上形成的绝缘膜涂敷有疏水膜的超小型LED元件的透视图。

[0048] 图16是示出本公开的其中在电极的表面上形成用于自组装的耦合链接器的超小型LED元件的透视图。

[0049] 图17示出了包括本公开的超小型LED元件的墨水或浆糊。

[0050] 图18是示出本公开的LED基本要素层的截面的电子显微镜照片。

[0051] 图19是示出其中在第二导电半导体层上形成绝缘层和金属掩模层的本公开的截面的电子显微镜照片。

[0052] 图20a是示出其中在金属掩模层上形成纳米球单层的本公开的截面的电子显微镜

照片,而图20b则是示出其平面的电子显微镜照片。

[0053] 图21a是示出其中纳米球单层已在 O_2 气体环境之下被灰化的本公开的截面的电子显微镜照片,而图21b则是示出其平面的电子显微镜照片。

[0054] 图22a是示出其中在使用减少尺寸的纳米球作为掩模的同时金属掩模层已在 Cl_2 气体环境之下被蚀刻的本公开的截面的电子显微镜照片,而图22b则是示出其平面的电子显微镜照片。

[0055] 图23a是示出已通过蚀刻过程根据聚苯乙烯的形状进行了转换的本公开的金属掩模层图案的截面的电子显微镜照片,而图23b则是示出其平面的电子显微镜照片。

[0056] 图24a是示出其中通过使用金属掩模层图案在 CF_4 和 O_2 气体环境之下已蚀刻了 SiO_2 (绝缘层)的本公开的截面的电子显微镜照片,而图24b则是示出其平面的电子显微镜照片。

[0057] 图25a是示出通过使用蚀刻的绝缘层借助于感应耦合等离子体(ICP)在 $SiCl_4$ 和Ar气体环境之下已蚀刻的本公开的截面的电子显微镜照片,而图25b则是示出其平面的电子显微镜照片。

[0058] 图26a是示出在用作掩模的绝缘层被去除之后的本公开的截面的电子显微镜照片,而图26b则是示出其平面的电子显微镜照片。

[0059] 图27a和27b是示出根据本公开的在用疏水涂层(十八烷基三氯硅烷(OTS))涂敷具有绝缘涂层(Al_2O_3)的半导体层之前(27a)和之后(27b)测量的接触角的示图。

[0060] 图28a和28b是示出其中朝向支持膜未与其附接的缓冲层或者朝向未掺杂的半导体层和蓝宝石基板执行剥离过程的本公开的截面的电子显微镜照片。

[0061] 图29a和29b是示出其中缓冲层或未掺杂的半导体层借助于ICP被进一步蚀刻以暴露第一导电半导体层的本公开的截面的电子显微镜照片。

[0062] 图30a和30b是示出其中借助于ICP进一步执行蚀刻的本公开的截面的电子显微镜照片。

[0063] 图31a是示出其中借助于ICP执行蚀刻以暴露第一导电半导体层的本公开的截面的电子显微镜照片,而图31b则是示出其平面的电子显微镜照片。

[0064] 图32是示出其中借助于溅射将电极(Ti)沉积到超小型LED的第一导电半导体层的本公开的截面的电子显微镜照片。

[0065] 图33是示出根据本公开的在用丙酮去除支持膜之后的独立状态下的超小型LED的电子显微镜照片。

[0066] 图34是示出图33的单个独立超小型LED的电子显微镜照片。

[0067] 图35是示出在电极基板上布置图33的独立超小型LED元件的电子显微镜照片。

[0068] 图36示出了在本公开的超小型LED元件布置在电极基板上之后测量的频谱。

[0069] 图37a至37c是通过肉眼观察的照片,示出了本公开的超小型LED发射蓝光。

具体实施方式

[0070] 在下文中,参考附图来详细地描述本公开。

[0071] 如上所述,使用现有的自顶向下或自底向上方式制造的超小型LED元件很可能造成诸如由蚀刻工作造成的表面缺陷的增加引起的效率和稳定性恶化之类的问题。另外,在独立的超小型LED元件的情况下,由于超小型元件之间的表面极性而生成相互粘结性以形

成聚集体,这可能在像素图案化过程中导致许多缺陷。因此,制造独立的超小型微型LED元件在实现允许大规模生产的高效/大尺寸LED显示器方面具有限制。

[0072] 进一步,在根据现有方法制备的超小型LED元件定位于LED显示基板的子像素(像素部位)的情况下,由于LED元件的小尺寸,超小型LED元件可能不会直立地站在LED显示器的子像素上,而可能会躺倒或翻转。

[0073] 在这点上,本公开提供了一种超小型LED元件的制造方法,该方法包括:1)在基板上按顺序形成第一导电半导体层、活性层和第二导电半导体层;2)蚀刻所述第一导电半导体层、所述活性层和所述第二导电半导体层,以便所述LED元件具有纳米或微米级别的直径;以及3)在所述第一导电半导体层、所述活性层和所述第二导电半导体层的外围上形成绝缘膜,并且去除所述基板。

[0074] 首先,在步骤1)中,按顺序在基板上形成第一导电半导体层、活性层和第二导电半导体层。详细地,图1是用于图示根据本公开的实施例的形成LED基本要素层的步骤的截面图,其包括在基板10上形成第一导电半导体层11、活性层12和第二导电半导体层13的步骤。

[0075] 基板10可以使用穿透基板如蓝宝石基板(Al_2O_3)和玻璃基板。另外,基板10可以从由GaN、SiC、ZnO、Si、GaP和GaAs组成的组中选择,或者可以是导电基板。在下文中,基于蓝宝石基板来描述这个实施例。基板10的上表面可以具有不均匀的图案。

[0076] 氮化物半导体生长在基板10上,并且生长装置可以使用电子束沉积、物理气相沉积(PVD)、化学气相沉积(CVD)、等离子体激光沉积(PLD)、双型热蒸发器、溅射或金属有机化学气相沉积(MOCVD)等,但不限于此。

[0077] 在基板10上可以形成缓冲层(未示出)和/或未掺杂的半导体层(未示出)。缓冲层是用于减少与基板10的晶格常数差异的层,并且可以形成有GaN、InN、AlN、InGaN、AlGaN、InAlGaN和AlInN中的至少一个。未掺杂的半导体层可以实现为未掺杂的GaN层,并且充当在其处生长氮化物半导体的基板。缓冲层和未掺杂的半导体层可以选择性地形成,或者它们两者也可以不形成。

[0078] 根据本公开的实施例,基板可以具有400至1500 μm 的厚度,但不限于此。

[0079] 在基板10上形成第一导电半导体层11。第一导电半导体层11例如可以包括n型半导体层。n型半导体层可以是具有 $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)的合成分子式例如InAlGaN、GaN、AlGaN、InGaN、AlN或InN等的半导体材料中选择的至少一个,并且还可以掺杂有第一导电掺杂剂(例如Si、Ge或Sn等)。根据本公开的实施例,第一导电半导体层可以具有1.5至5 μm 的厚度,但不限于此。

[0080] 活性层12形成在第一导电半导体层11上,并且可以具有单个或多个量子阱结构。掺杂有导电掺杂剂的包覆层(未示出)可以形成在活性层12上和/或下,掺杂有导电掺杂剂的包覆层可以实现为AlGaN层或InAlGaN层。另外,诸如AlGaN或AlInGaN等之类的材料也可以用作活性层12。通过在向其施加电场时电子-空穴对的耦合,活性层12生成光。根据本公开的实施例,活性层可以具有0.05至0.25 μm 的厚度,但不限于此。

[0081] 第二导电半导体层13形成在活性层12上,并且第二导电半导体层13可以实现有至少一个p型半导体层。p型半导体层可以是具有 $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)的合成分子式例如InAlGaN、GaN、AlGaN、InGaN、AlN或InN等的半导体材料中选择的至少一个,并且还可以掺杂有第二导电掺杂剂(例如Mg)。这里,发光结构包括作为最终成分的

第一导电半导体层11、活性层12和第二导电半导体层13,并且可以在每个层上或下进一步包括别的荧光层、活性层、半导体层和/或电极层。根据本公开的实施例,第二导电半导体层可以具有0.08至0.25 μm 的厚度,但不限于此。

[0082] 接下来在步骤2)中,LED元件被蚀刻以具有纳米或微米尺寸的直径,包括第一导电半导体层、活性层和第二导电半导体层。为此,根据本公开的实施例,所述方法可以进一步包括:2-5)在所述第二导电半导体层上形成第二电极层、绝缘层和金属掩模层;2-6)在所述金属掩模层上形成纳米球或微米球单层并且执行自组装;2-7)根据具有纳米或微米间隔的图案来干蚀刻或湿蚀刻所述第一导电半导体层、所述活性层和所述第二导电半导体层;以及2-8)去除所述绝缘层、所述金属掩模层和所述单层。

[0083] 详细地,图2是用于图示本公开的在第二导电半导体层13上形成第二电极层20、绝缘层21和金属掩模层22的步骤的截面图。首先,第二电极层20可以由金属或金属氧化物制成,所述金属或金属氧化物用于普通的LED元件,优选为Cr、Ti、Al、Au、Ni、ITO、它们单独或组合的氧化物或合金,但不限于此。根据本公开的实施例,金属掩模层可以具有0.02至0.1 μm 的厚度,但不限于此。

[0084] 第二电极层20上形成的绝缘层21可以起到掩模的作用,用于相继蚀刻第二电极层、第二导电半导体层、活性层和第一导电半导体层,并且可以使用氧化物或氮化物,代表性地为氧化硅(SiO_2)或氮化硅(SiN),但不限于此。

[0085] 根据本公开的实施例,绝缘层可以具有0.5至1.5 μm 的厚度,但不限于此。

[0086] 绝缘层21上形成的金属掩模层22起到用于蚀刻的掩模的作用,并且可以由现有技术中常用的金属制成,代表性地为铬(Cr),但不限于此。根据本公开的实施例,金属掩模层可以具有30至150nm的厚度,但不限于此。

[0087] 图3是用于图示本公开的在金属掩模层22上形成纳米球或微米球单层30的步骤的截面图。详细地,纳米球或微米球单层被形成以起到用于蚀刻金属掩模层22的掩模的作用,并且通过使用球体的自组装特性可以形成球体颗粒。为了借助于球体的自组装来完美地布置一层,球体漂浮地放在水面上,以便为了它们的自组装的目的而以一定速度移动。由于通过在水中扩展而形成的球体区域小而且不规则,所以通过施加另外的能量和表面活性剂可以形成具有大而且规则的布置的第一球体层,并且通过将第一球体层舀到金属掩模层22上,可以形成在金属层上有规则地布置的球体单层。球体颗粒的直径可以根据将要最终产生的超小型LED元件的期望直径来选择,并且优选地可以使用具有50至3000nm的直径的聚苯乙烯球体或硅石球体等,但不限于此。

[0088] 图4是用于图示本公开的灰化纳米球或微米球单层30的步骤的截面图,其中球体颗粒被彼此间隔开。这可以通过普通的球体单层灰化过程来执行,并且优选地,可以借助于氧(O_2)基反应离子灰化和等离子体灰化(举例而言)来执行灰化过程。

[0089] 图5是用于图示本公开的蚀刻步骤的截面图,其中在图4的灰化过程期间彼此间隔开的球体颗粒被蚀刻以形成孔。在这种情况下,形成球体颗粒30的部分未被蚀刻,而球体颗粒之间的空间部分则被蚀刻以形成孔。可以从金属掩模层22至基板10的上部选择性地形成孔。这个蚀刻过程可以采用干蚀刻如反应离子蚀刻(RIE)或感应耦合等离子体反应离子蚀刻(ICP-RIE)。

[0090] 干蚀刻允许一个方向蚀刻,这与湿蚀刻不同,适合于上面的图案化工作。换言之,

即使湿蚀刻执行其中在所有方向上执行蚀刻工作的各向同性蚀刻,但是干蚀刻与湿蚀刻不同,使得能够在深度方向上蚀刻以形成孔,这样一来就允许调整孔尺寸并且将间隔形成为期望的图案。

[0091] 此时,如果使用RIE或ICP-RIE,则可用于金属掩模的蚀刻气体可以包括 Cl_2 或 O_2 等。

[0092] 通过蚀刻过程制造的LED元件的间隔(A)等同于球体颗粒30的直径。在这种情况下,LED元件的间隔(A)可以具有纳米或微米单位,更加优选地为50至3000nm。

[0093] 图6示出了在可以通过湿蚀刻或干蚀刻执行的蚀刻过程之后去除球体颗粒30、金属掩模层22和绝缘层21的步骤。

[0094] 根据本公开的另一个实施例,步骤2)可以包括:2-1)在所述第二导电半导体层上按顺序形成第二电极层、绝缘层和金属掩模层;2-2)在所述金属掩模层上形成聚合物层,并且以纳米或微米间隔来图案化所述聚合物层;2-3)根据具有纳米或微米间隔的图案来干蚀刻或湿蚀刻所述第一导电半导体层、所述活性层和所述第二导电半导体层;以及2-4)去除所述绝缘层、所述金属掩模层和所述聚合物层。

[0095] 详细地,在第二电极层、金属掩模层和绝缘层形成在第二导电半导体层上之后,在金属掩模层上形成可用于普通光刻技术的普通聚合物层。另外,聚合物层借助于照相光刻技术、电子束光刻技术或纳米注入光刻技术而图案化有纳米或微米间隔,然后被干蚀刻或湿蚀刻。在这之后,绝缘层、金属掩模层和聚合物层被去除。

[0096] 接下来在步骤3)中,在第一导电半导体层、活性层和第二导电半导体层的外围上形成绝缘膜,并且去除基板,从而制造出超小型LED元件。

[0097] 详细地,根据本公开的实施例,步骤3)可以包括:3-1)在所述第二电极层上形成支持膜;3-2)在包括所述第一导电半导体层、所述活性层和所述第二导电半导体层的外围上形成绝缘膜;3-3)用疏水膜涂敷所述绝缘膜的上部;3-4)去除所述基板;3-5)在所述第一导电半导体层的下部形成第一电极层;以及3-6)去除所述支持膜以制造多个超小型LED元件。

[0098] 图7是用于图示本公开的将支持膜70附接到第二电极层20上的步骤的截面图。支持膜70支持多个超小型LED元件在基板10借助于激光剥离(LLO)而被去除时不分散,并且还附接以防止LED元件破裂。支持膜可以由聚合物环氧树脂或粘结金属制成,并且可以具有0.3至70 μm 的厚度,但不限于此。

[0099] 图8示出了相对于形成了本公开的支持膜的超小型LED元件在第一导电半导体层、活性层和第二导电半导体层的外围上形成绝缘膜80。通过这样做,超小型LED元件的表面缺陷可以被最小化,这提高了寿命周期和效率。

[0100] 绝缘膜不仅可以形成在第一导电半导体层11、活性层12和第二导电半导体层13的外围上,而且还可以形成在第一电极层和/或第二电极层以及其它层的外围上。

[0101] 为了在超小型LED元件的外围上形成绝缘膜,支持膜70和基板10与其附接的超小型LED元件的外围可以涂敷有或浸入绝缘材料,但不限于此。可用于绝缘膜的材料可以是来自 SiO_2 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 和 TiO_2 组成的组中选择的至少一个,但不限于此。例如,可以借助于原子层沉积(ALD)形成 Al_2O_3 膜,并且可以通过以下方式形成膜:以脉冲的形式供应三甲基铝(TMA)和 H_2O 源,并且使用化学吸收和解吸。

[0102] 图9是用于图示用疏水膜90涂敷本公开的LED元件的外围上形成的绝缘膜80的步骤的截面图。疏水膜90向超小型LED元件的表面赋予疏水性,从而防止元件粘结。因此,可以

减少独立超小型元件的特性恶化,并且可以消除超小型LED元件在像素图案化过程中的许多缺陷。此外,疏水膜90可以形成在绝缘膜80上。在这种情况下,疏水膜可以使用任何材料,所述材料可以形成在绝缘膜上并且防止超小型LED元件之间的粘结,例如但不限于单独或组合的十八烷基三氯硅烷(OTS)、自组装单层(SAM)如氟烷基三氯硅烷或全氟烷基三乙氧基甲硅烷等、含氟聚合物如特氟隆或全氟树脂等。

[0103] 图10是用于图示去除本公开的LED元件的第一导电半导体层11之下形成的基板10的步骤的截面图。使用普通的方法,优选地但不限于化学剥离(CLO)或激光剥离(LL0),可以去除基板10。

[0104] 图11是用于图示根据本公开的在从中去除了基板10的第一导电半导体层11之下形成第一电极110的步骤的截面图。第一电极110可以使用普通可用于LED元件的任何材料,优选地但不限于Cr、Ti、Al、Au、Ni、ITO、它们单独或组合的氧化物或合金。另外,电极可以具有0.02至1 μ m的厚度,但不限于此。

[0105] 图12是用于图示以用于自组装的耦合链接器120来涂敷本公开的第一电极110的表面的步骤的截面图。如上所述,由于超小型LED元件具有非常小的尺寸,所以当附接到LED显示基板的子像素(像素部位)时,超小型LED元件可能不会直立地站着,而可能会躺倒或翻转。为了防止这一点,第一电极110的表面涂敷有用于自组装的耦合链接器120,并且能够耦合到耦合链接器120的第二链接器(未示出)形成在LED显示基板的子像素(像素部位)处。在这种情况下,即使超小型LED元件以墨水或浆糊的形式被转移或添加到子像素,超小型LED元件也不会躺倒或翻转,而是电极表面可以在期望的位置附接到子像素。另外,即使没有形成第二链接器,如果耦合链接器中保持的功能团耦合到LED显示基板的子像素的表面,则也可以防止超小型LED元件不直立地站着而躺下或翻转。

[0106] 耦合链接器应当耦合到超小型LED元件的电极表面、显示基板的子像素的表面和/或子像素处形成的第二链接器。为此,耦合链接器可以具有至少两个功能团。详细地,耦合链接器可以包含基于硫醇的氨基乙硫醇或其氧化物(其与金属起反应)以及与它起反应的氨基丙基三乙氧基硅烷,但不限于此。另外,显示基板的子像素的表面上形成的第二链接器可以不受限制地使用能够与本公开的耦合链接器互补地耦合的任何材料,优选为与耦合链接器同族的材料,但不限于此。

[0107] 图13示出了通过去除支持膜70来制造独立的超小型LED元件130、131。同时,根据本公开的另一个实施例,在去除支持膜70之后,可以在第二电极20和第一电极110中的至少一个表面上形成耦合链接器120。

[0108] 同时,本公开提供了一种超小型LED元件,该超小型LED元件包括:第一导电半导体层;活性层,其形成在所述第一导电半导体层上;以及微米或纳米尺寸的半导体发光元件,其包括形成在所述活性层上的第二导电半导体层,其中,所述半导体发光元件的外围涂敷有绝缘膜。

[0109] 图14是示出本公开的超小型LED元件的透视图。根据本公开的超小型LED元件包括:活性层141,其形成在第一导电半导体层140上;以及第二导电半导体层142,其形成在活性层141上。第一电极143可以形成在第一导电半导体层140之下,并且第二电极144可以形成在第二导电半导体层142上。如上所述还可以进一步提供缓冲层、活性层、荧光层和/或半导体层。同时,可以形成绝缘膜150以包围第一导电半导体层140上形成的活性层141和活性

层141上形成的第二导电半导体层142的部分或整体的外围。另外,还可以形成绝缘膜150以包围第一电极143和/或第二电极144的部分或整体的外围。

[0110] 图15是示出根据本公开的实施例的超小型LED元件的透视图,其中,根据本公开的实施例的外围上形成的绝缘膜150涂敷有疏水膜160,以便防止超小型LED元件之间的粘结。可以形成疏水膜160以包围部分或整体的绝缘膜150。

[0111] 图16是示出本公开的其中在电极的表面上形成用于自组装的耦合链接器的超小型LED元件的透视图。如上所述,由于超小型LED元件具有非常小的尺寸,所以当附接到LED显示基板的子像素(像素部位)时,超小型LED元件可能不会直立地站着,而可能会躺倒或翻转。为了防止这一点,可以在第一电极143和第二电极144的至少一个表面上形成用于自组装的耦合链接器170。详细地,耦合链接器170形成在第一电极143的表面上,并且能够与耦合链接器170耦合的第二链接器(未示出)形成在LED显示基板的相应子像素(像素部位)处。在这种情况下,即使超小型LED元件以墨水或浆糊的形式被转移或添加到子像素,超小型LED元件也不会躺倒或翻转,而是电极表面可以在期望的位置附接到子像素。

[0112] 进一步,如果耦合链接器170形成在第一电极143和第二电极144两者上,则耦合到LED显示基板的子像素(像素部位)的超小型LED元件的一部分将会耦合到第一电极143,而其它部分则会耦合到第二电极144。在这种情况下,如果向LED显示基板施加AC电流,则可以驱动LED显示器。

[0113] 本公开的超小型LED元件可以具有圆柱形形状或矩形形状等而没有限制,但优选的是圆柱形形状。在圆柱形形状的情况下,直径(圆的直径)可以是50至3000nm,并且高度可以是1.5至7 μm ,但不限于此。

[0114] 图17示出了包括本公开的超小型LED元件的墨水或浆糊,其可以直接或者以墨水或浆糊的形式被转移到根据本公开的超小型LED元件的显示基板的子像素。

[0115] 发明实施方式

[0116] 在下文中,基于例子来更加详细地描述本公开,但以下例子只是为了更好地理解本公开,而不旨在限制本公开的范围。

[0117] 为了做出LED基本要素层(GaN),借助于MOCVD在蓝宝石基板(2英寸晶片尺寸,430 \pm 25 μm)上形成缓冲层或未掺杂的半导体层(未掺杂的GaN,厚度为2.4至2.8 μm)、第一导电半导体层(n型GaN,厚度为2.0至2.4 μm)、活性层(InGa N /Ga N 多量子阱,100至140nm)和第二导电半导体层(p型GaN,厚度为200nm)(参见图18)。

[0118] 通过使用上述LED基本要素层,根据以下过程制备超小型LED元件。首先,分别借助于PECVD和热蒸发(PECVD:60W,550mtorr,SiH $_4$ 160sccm,N $_2$ 240sccm,N $_2$ O1500sccm,35至40分钟;热蒸发:130至140A,9.0 \times 10 $^{-6}$ torr,20至30分钟),在第二导电半导体层上形成充当绝缘层的SiO $_2$ (厚度为800nm至1 μm)和充当金属掩模层的铬层(厚度为100至120nm)(参见图19)。随后,聚苯乙烯纳米球被制备为合适地布置成六边形形状的单层(厚度为960至1000nm),并且形成在金属掩模层上(参见图20a和20b)。单层在O $_2$ 气体环境下被灰化(50W,0.05torr,O $_2$ 100sccm),以具有500至800nm的减少尺寸(参见图21a和21b)。具有减少尺寸的聚苯乙烯纳米球用作掩模,并且借助于作为干蚀刻方法的RIE(50W,0.08torr,Cl $_2$ 40sccm)在Cl $_2$ 气体环境下蚀刻金属掩模层(参见图22a和22b)。通过蚀刻过程,根据聚苯乙烯的形状而转移的金属掩模层图案被制备(参见图23a和23b),并且通过使用制备的金属掩模层图案,在CF $_4$ 和

O₂气体环境下(100W,0.042torr,CF₄40sccm,O₂2sccm)再次蚀刻存在于下部的绝缘层区域(参见图24a和24b)。通过使用蚀刻成棒图案的绝缘层,借助于ICP(RF50W,ICP300W,3torr,SiCl₄2sccm,Ar20sccm)在SiCl₄和Ar气体环境下蚀刻半导体层(GaN),从而做出半导体层的棒图案(参见图25a和25b)。随后,在CF₄和O₂气体环境下通过蚀刻而去除用作掩模以便做出半导体层棒图案的绝缘层(参见图26a和26b)。

[0119] 如上所述制备的半导体层的外围借助于原子层沉积(ALD)(三甲基铝(TMA)用作金属反应物材料,蒸汽用作氧源,TMA蒸汽压力为0.04torr,腔室温度维持到80℃,Ar用作运载气体,并且生长率为~1.5Å)涂敷有绝缘涂层(Al₂O₃)(厚度:20nm),并且还借助于自组装过程涂敷有十八烷基三氯硅烷(OTS)作为疏水涂层以具有几个纳米的厚度。参考图27a和27b,可以发现与水的接触角由于疏水涂层而增加。在形成绝缘涂层和疏水涂层之后,支持膜通过使用环氧树脂(从Sigma Aldrich购买的氰基丙烯酸酯粘合剂金属类型)而附接到第二电极层上(厚度:3.5至5μm)。随后,朝向未对其形成支持膜的缓冲层或未掺杂的半导体层和蓝宝石基板执行使用激光的剥离过程,以去除蓝宝石基板(参见图28a和28b)。为了暴露第一导电半导体层,在SiCl₄和Ar气体环境下借助于ICP(RF50W,ICP300W,3torr,SiCl₄2sccm,Ar20sccm)通过蚀刻去除缓冲层或未掺杂的半导体层。通过这样做,可以获得支持膜与其附接的独立超小型LED棒图案(参见图29a和29b、图30a和30b以及图31a和31b)。

[0120] 随后,通过使用溅射装置(DC溅射系统)(300V,0.17A,Ar100sccm)将Ti电极沉积到超小型LED的第一导电半导体层(参见图32)。接下来,借助于液体或蒸汽自组装使电极表面涂敷有双硫醇作为耦合链接器。在液体状态下执行涂敷过程。另外,通过混合乙醇酸酐(10ml)和壬二硫醇(20μl)来制备1mM的壬二硫醇溶液,并且对其沉积电极的超小型LED棒形状浸入壬二硫醇溶液中一天,然后取出并冲洗。通过使用丙酮来去除支持膜,以便以墨水或浆糊的形式制备独立超小型LED(参见图33和34)。通过滴到电极基板上来布置墨水或浆糊形式,所述电极基板具有与耦合链接器起反应的链接器(金属微粉:银纳米颗粒)。关于电极基板,通过使用与电极基板和银纳米颗粒起反应的双硫醇链接器来形成图案,所述银纳米颗粒充当金属微粉,能够与超小型LED的耦合链接器起反应。详细地,壬二硫醇链接器首先通过起反应而附接到电极基板,而未附接到电极基板的壬二硫醇链接器的相对侧则涂敷有银纳米颗粒。通过以下来执行涂敷过程:将附接到壬二硫醇链接器的电极基板放入散布有银纳米颗粒的甲苯溶液中,然后在起反应之后将其取出。通过这样做,电极基板的金属微粉与超小型LED的耦合链接器起反应,然后通过焊接工艺(在100至200℃下退火)形成金属欧姆层,从而制造出根据本公开的超小型LED元件(参见图35)。同时,图36示出了在如上所述制备的超小型LED元件布置在电极基板上之后测量的频谱,并且图37a至37c是通过肉眼观察的照片,示出了制造出的超小型LED元件。如这些附图中示出的那样,可以发现从根据本公开的超小型LED元件中发出蓝光。

[0121] 工业实用性

[0122] 根据本公开的超小型LED元件可以广泛地用在整个显示器工业之上。

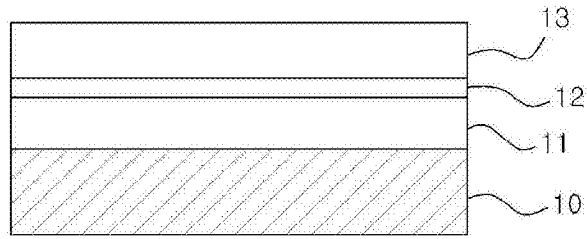


图1

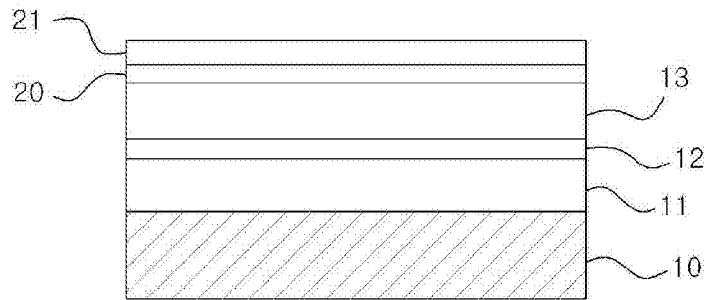


图2

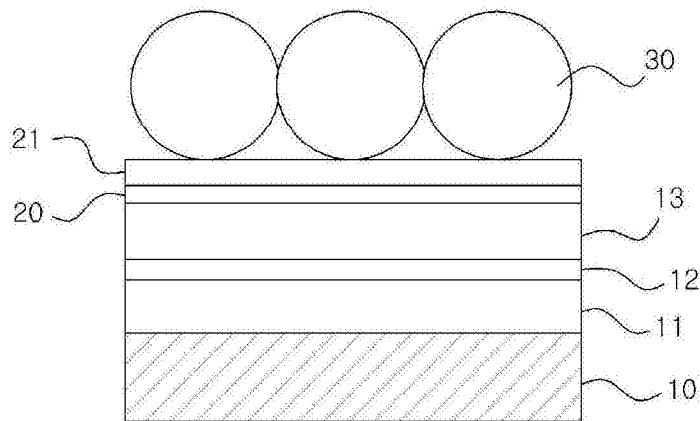


图3

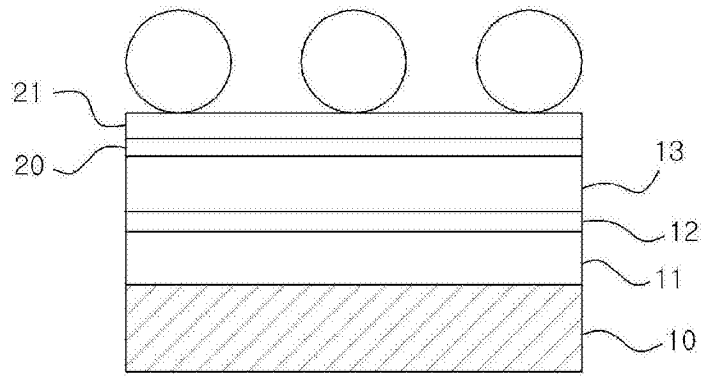


图4

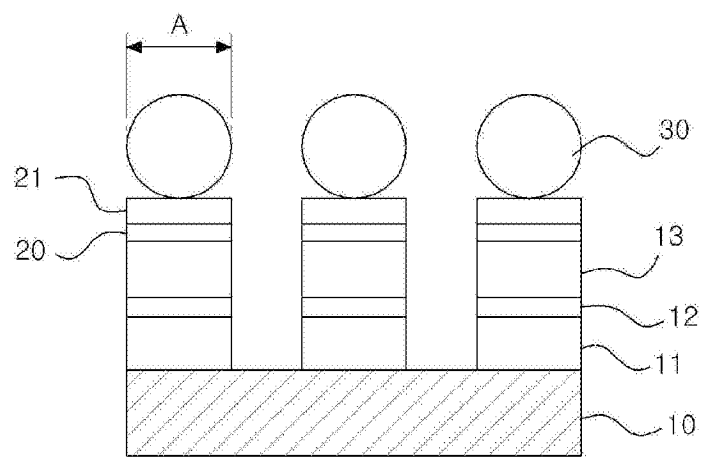


图5

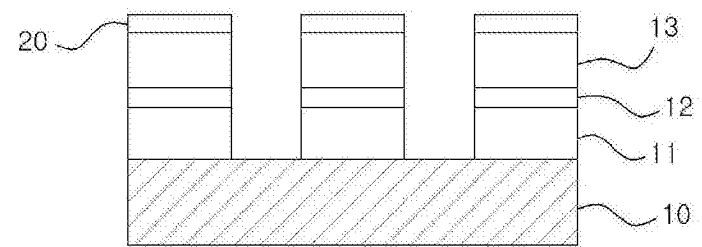


图6

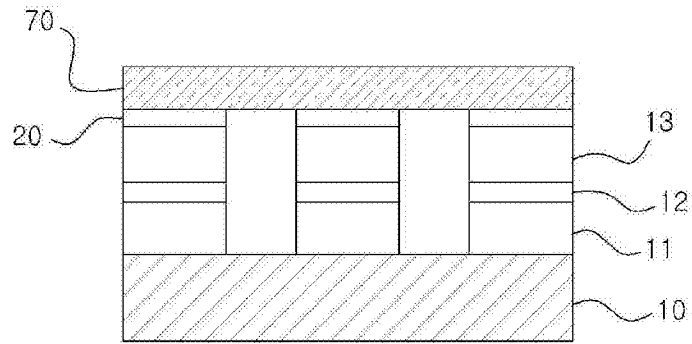


图7

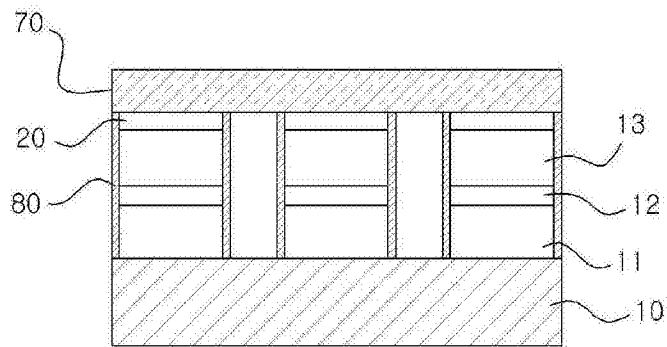


图8

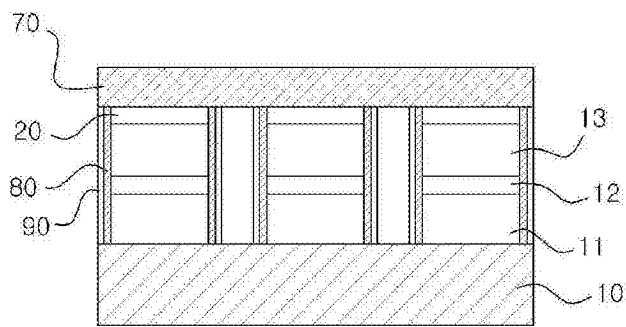


图9

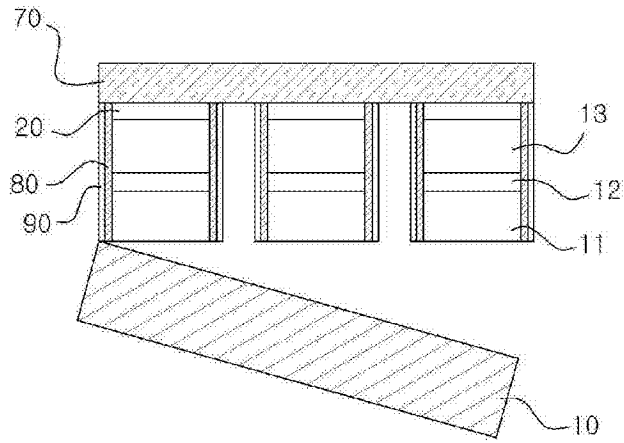


图10

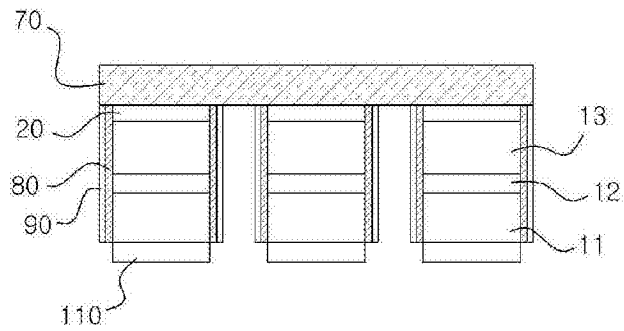


图11

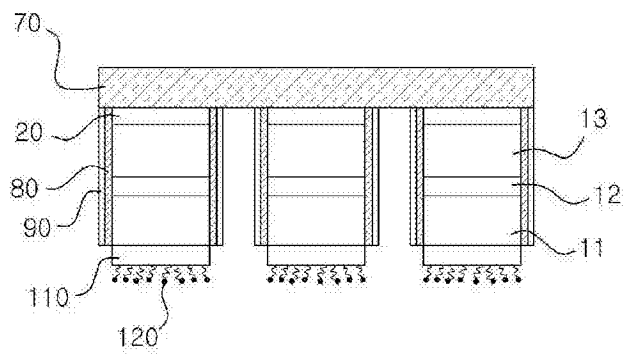


图12

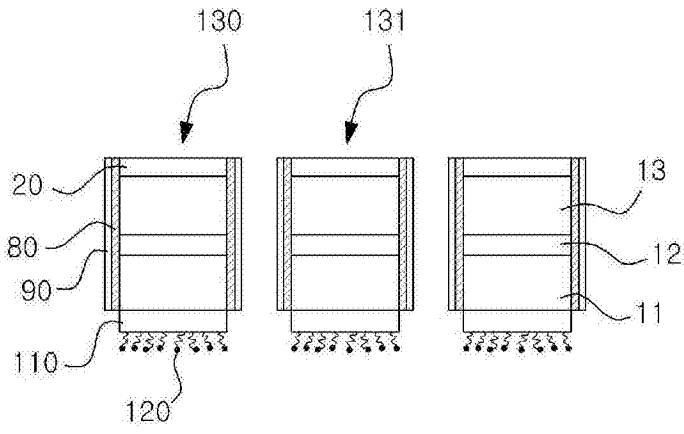


图13

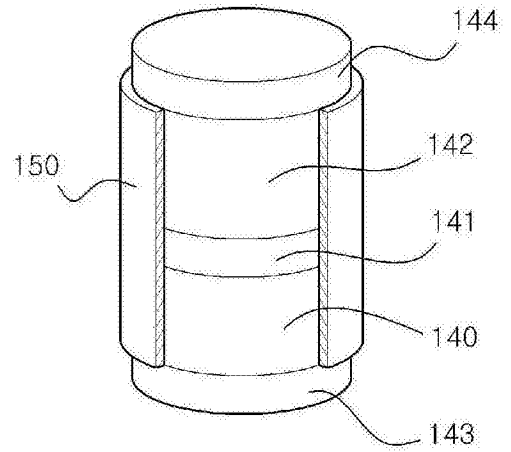


图14

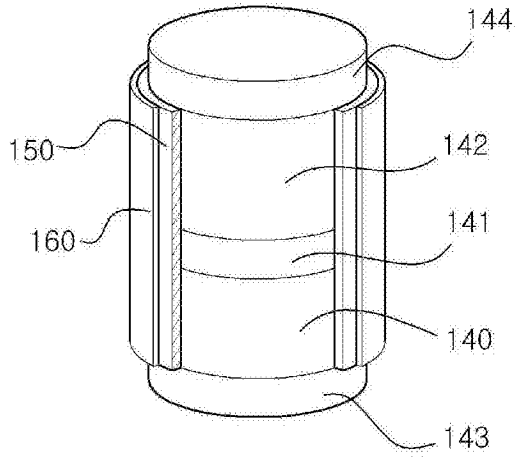


图15

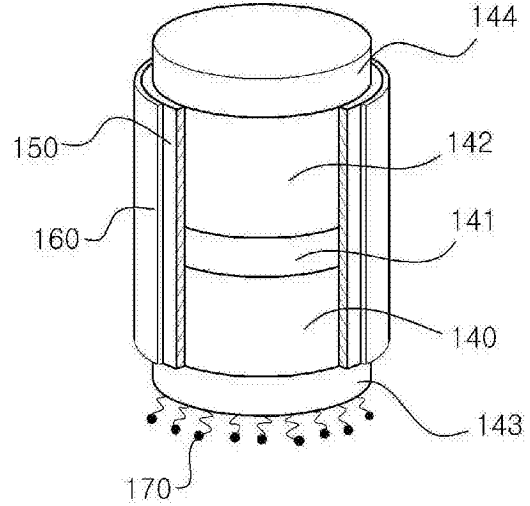


图16

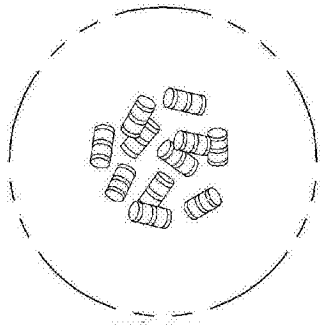


图17

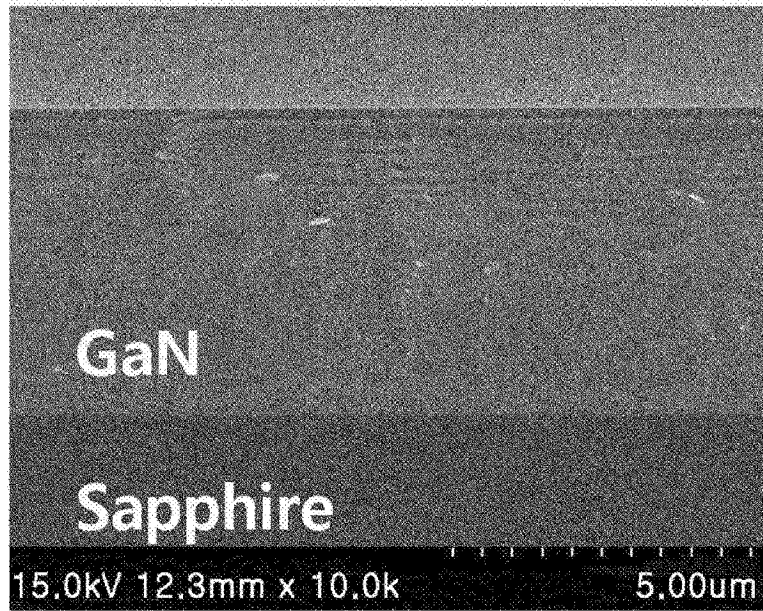


图18

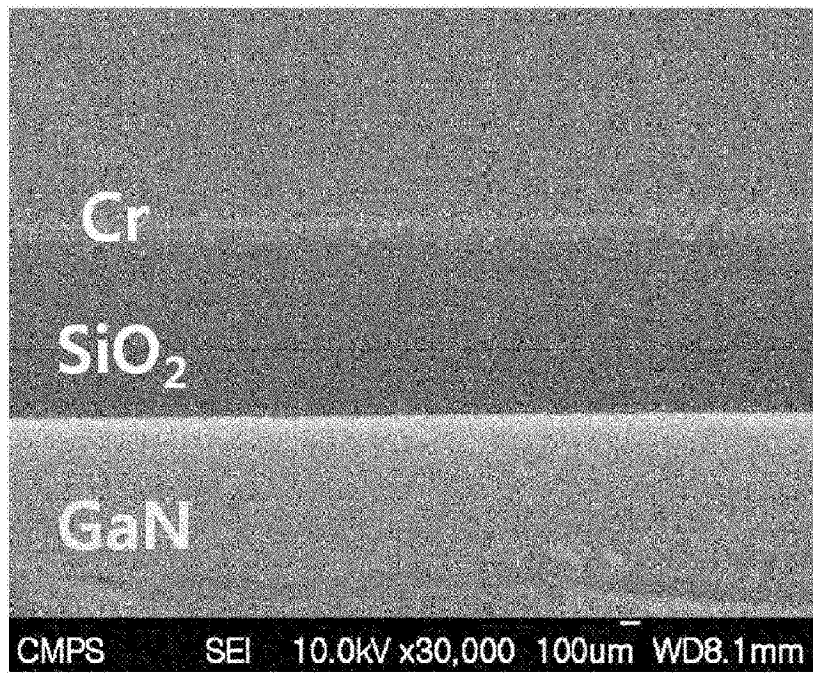


图19

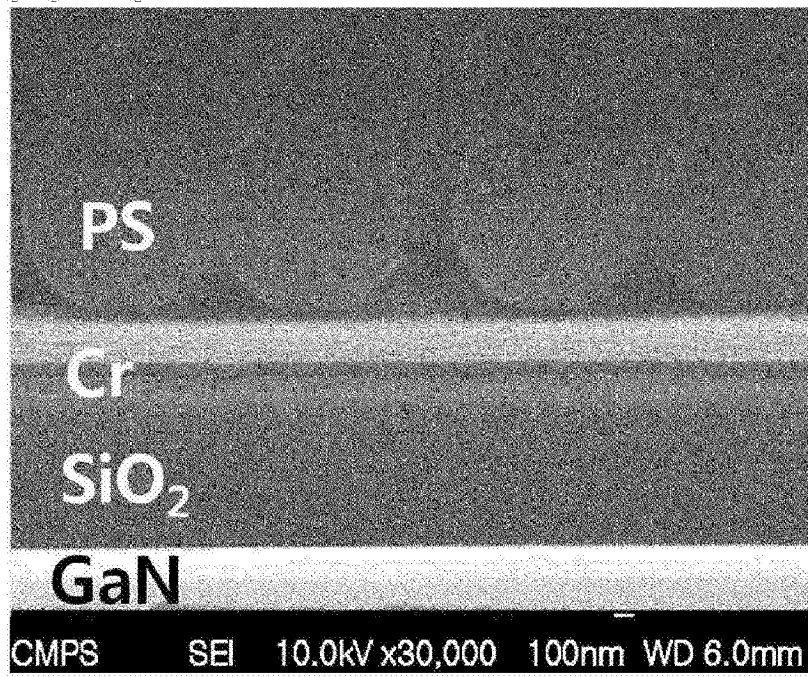


图20a

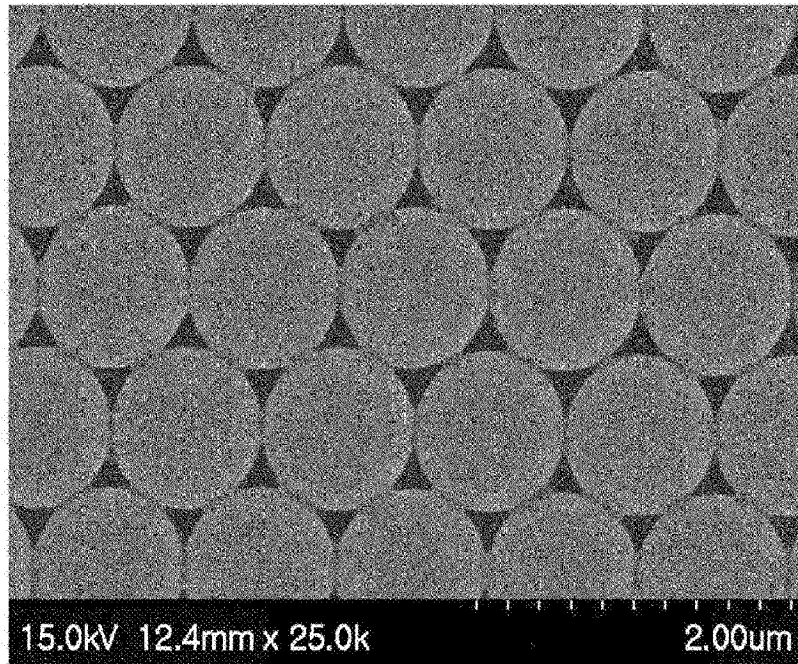


图20b

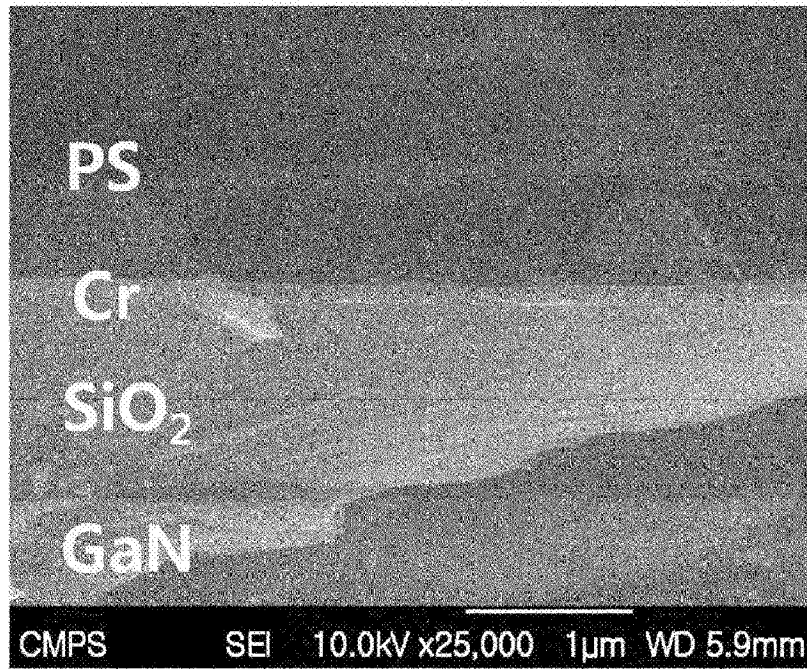


图21a

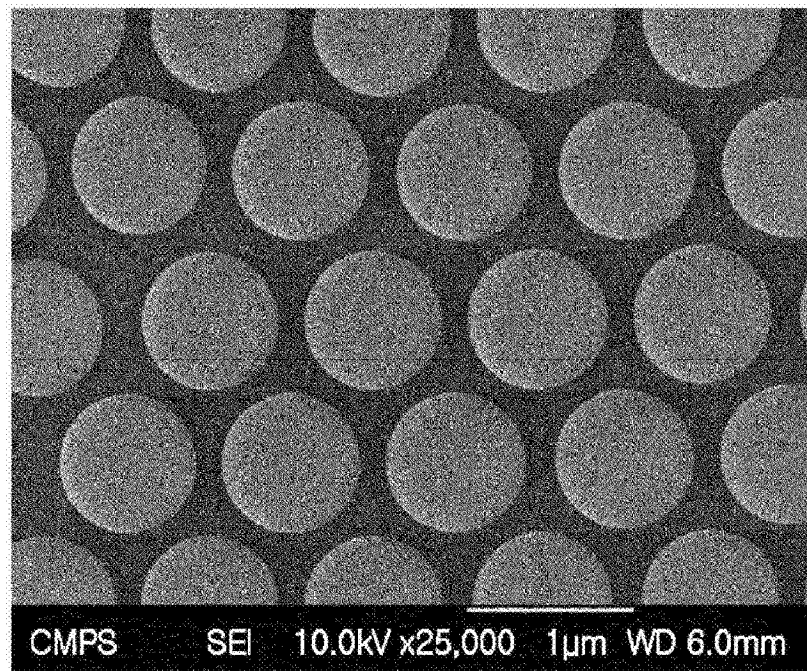


图21b

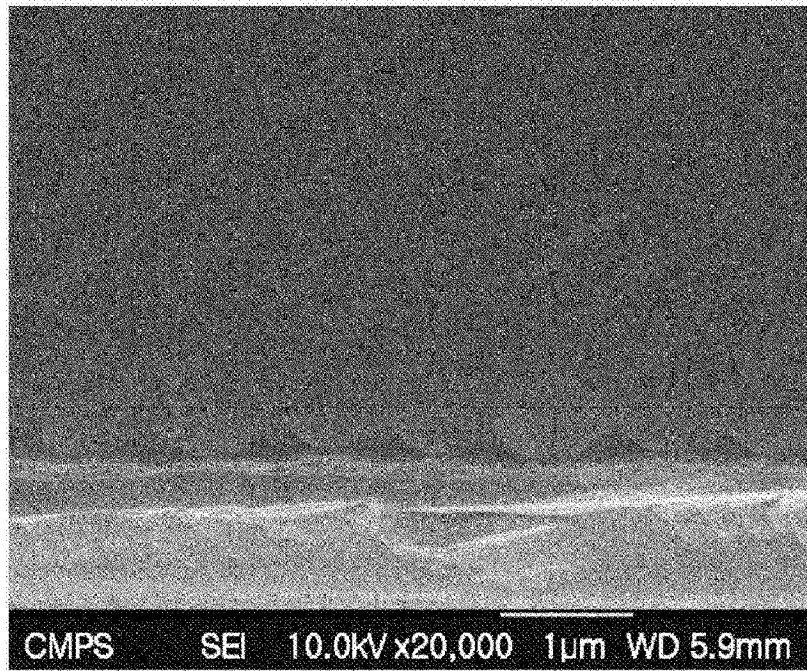


图22a

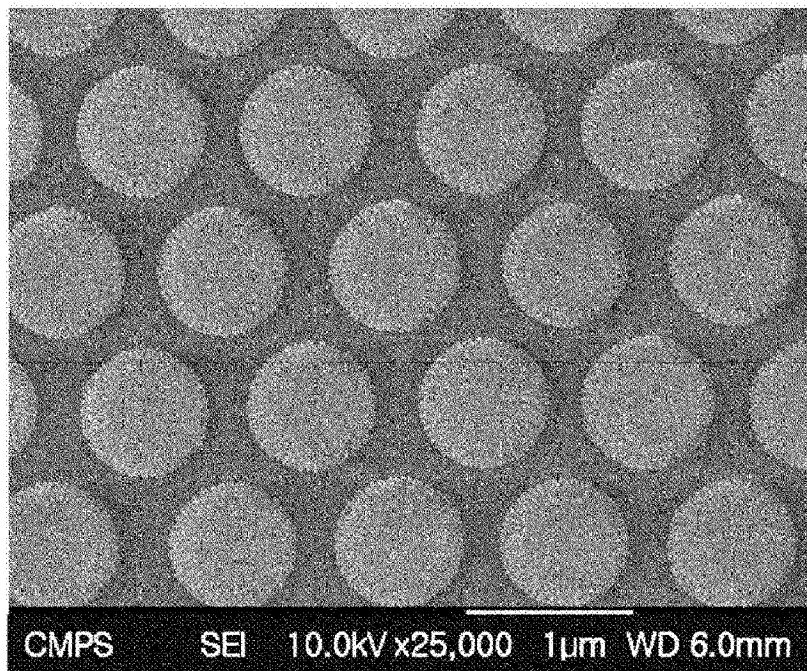


图22b

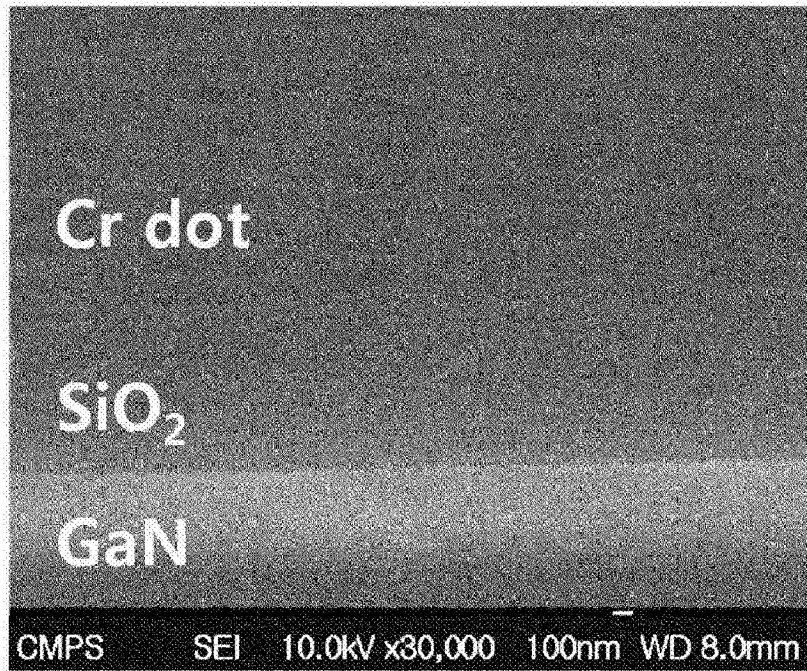


图23a

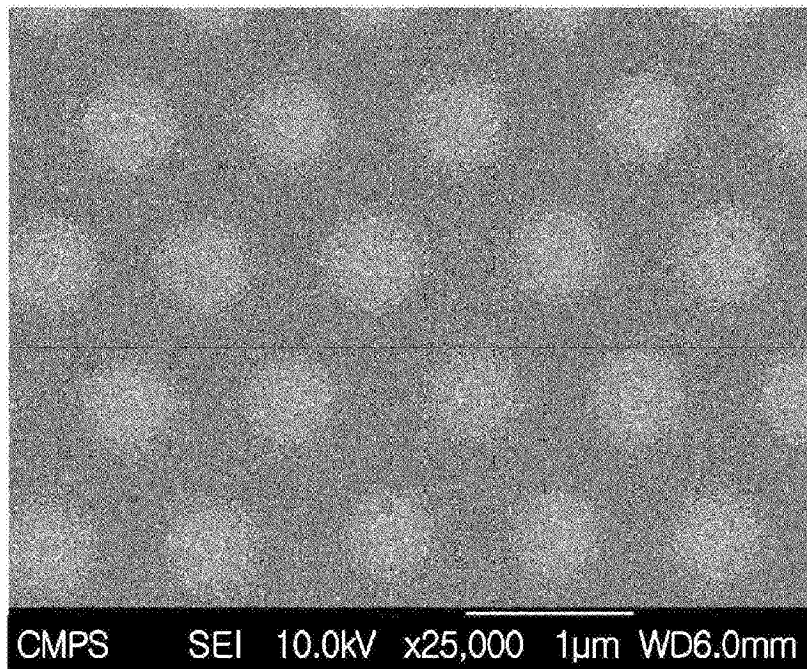


图23b

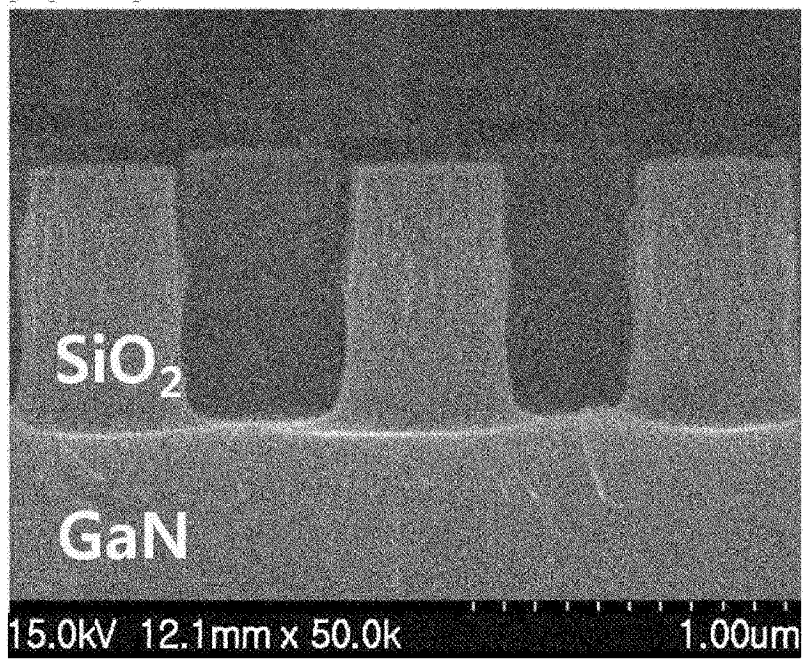


图24a

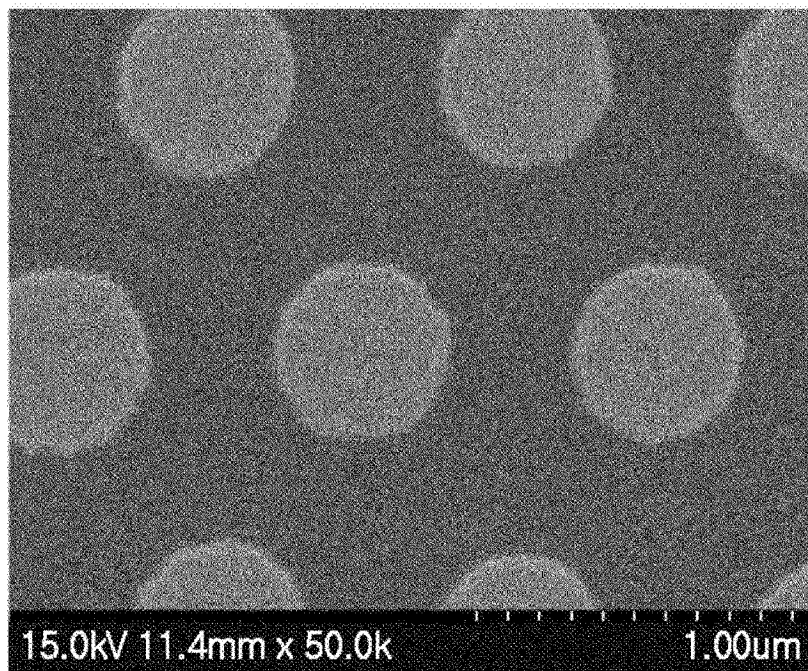


图24b

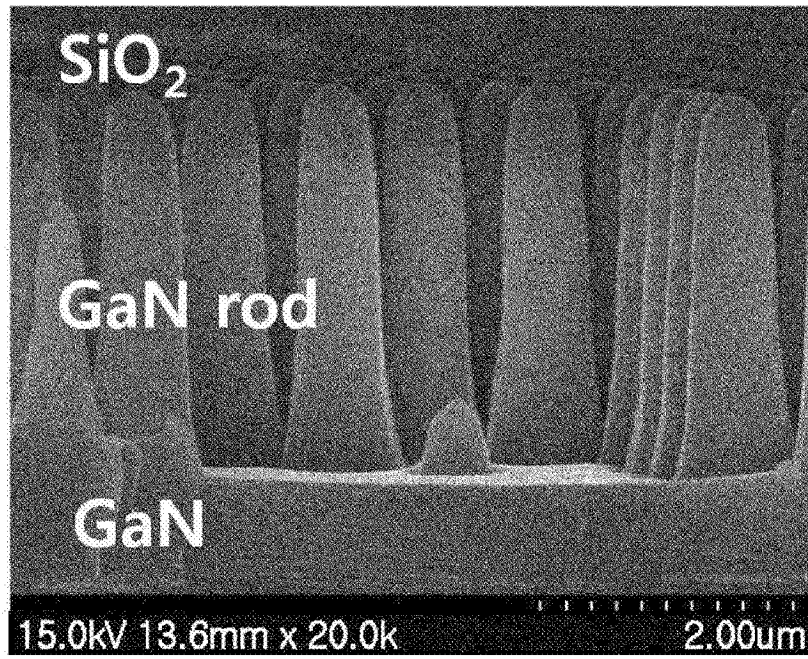


图25a

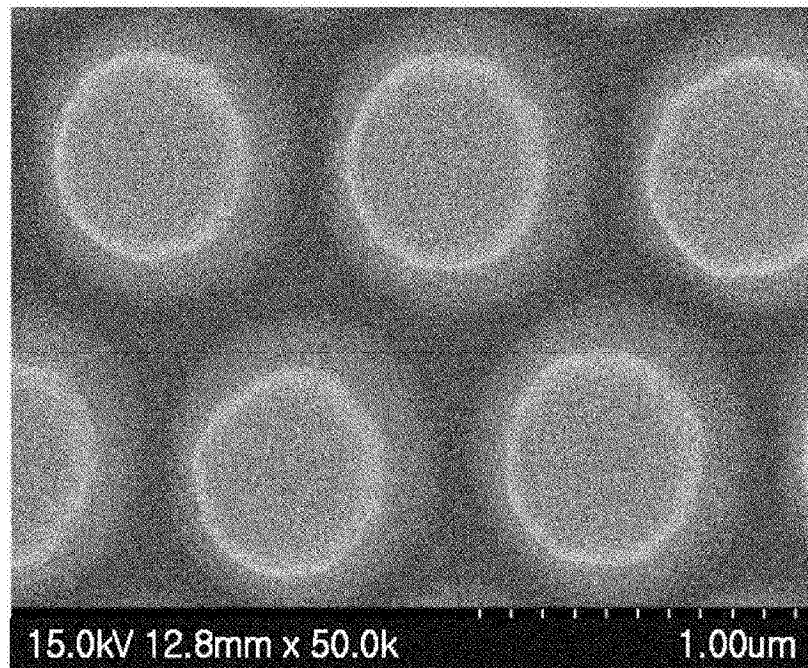


图25b

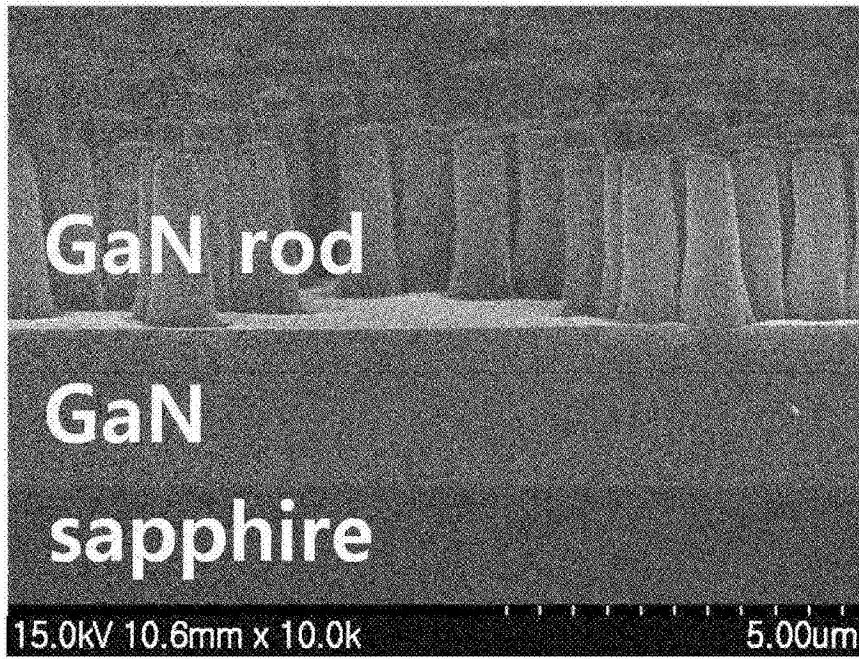


图26a

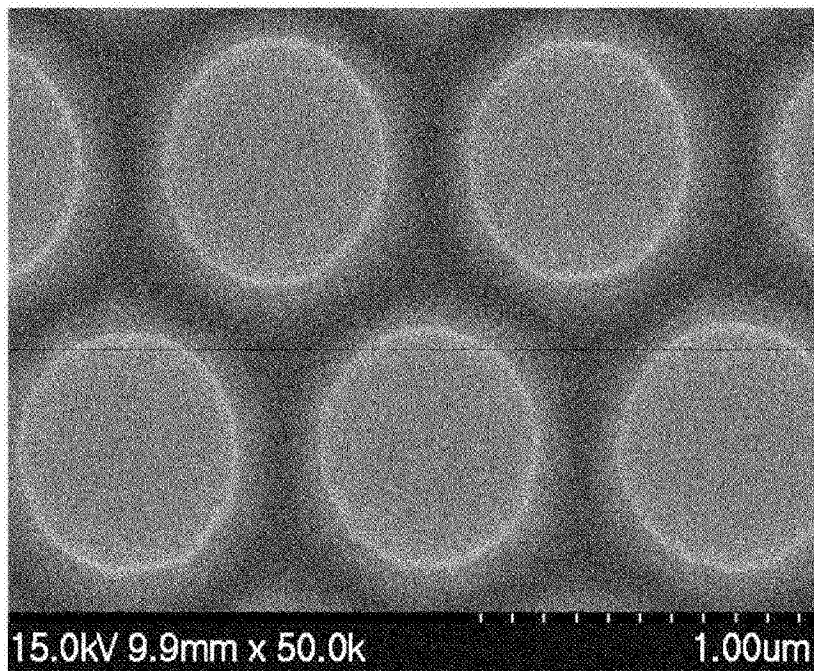


图26b

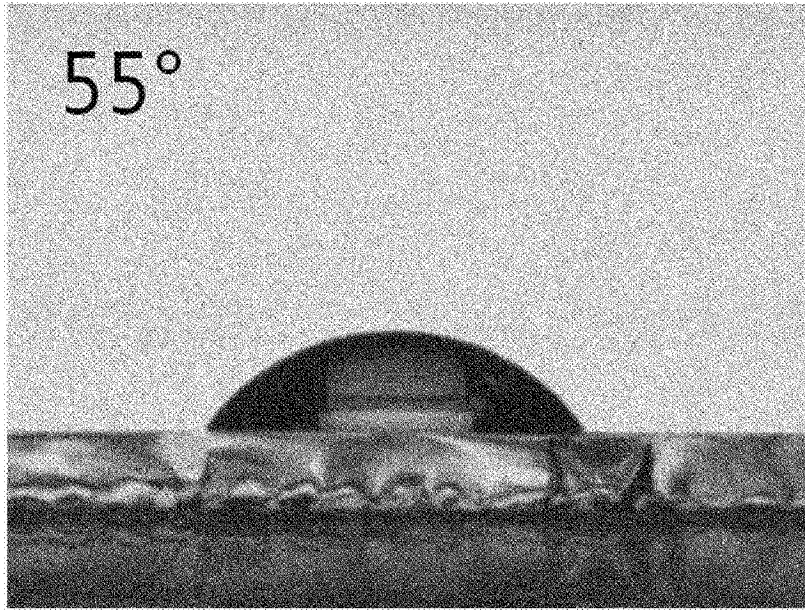


图27a

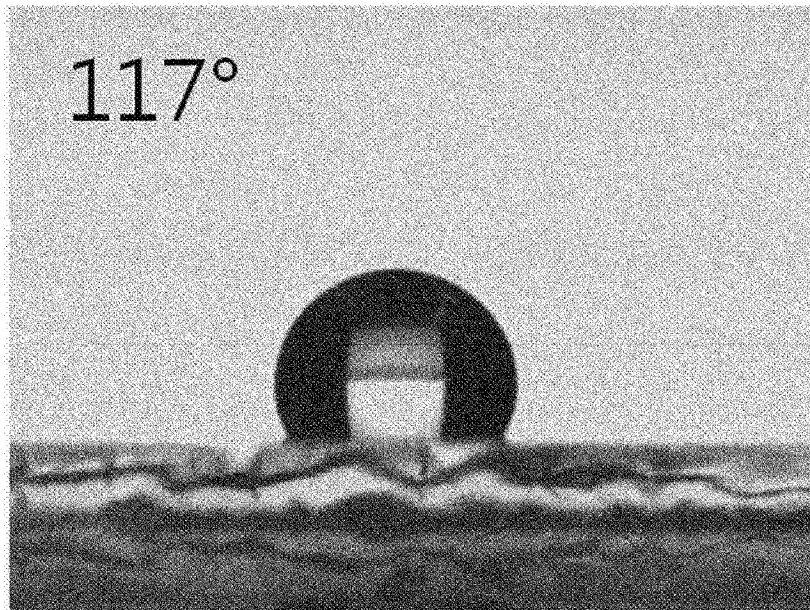


图27b

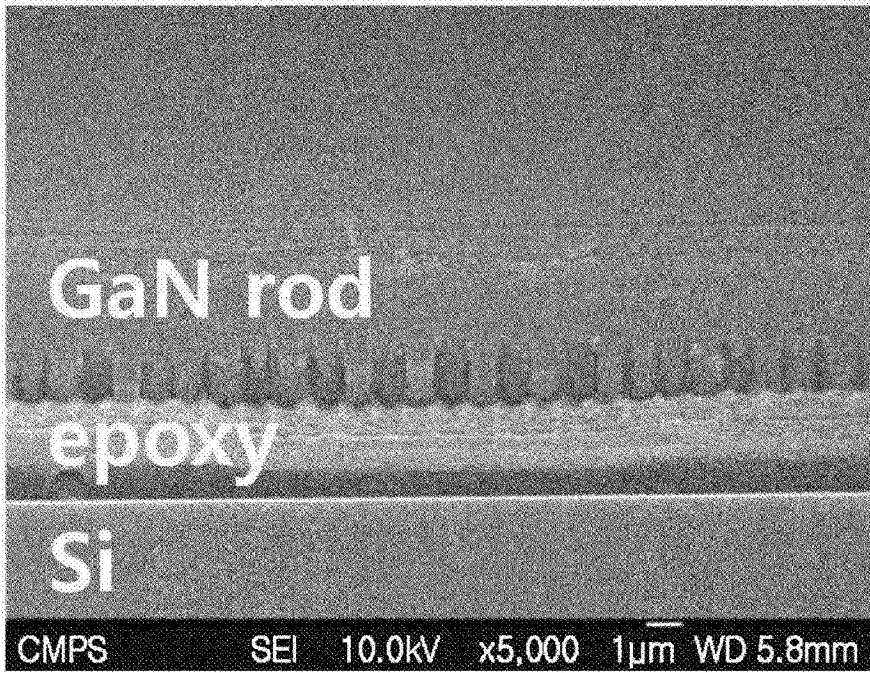


图28a

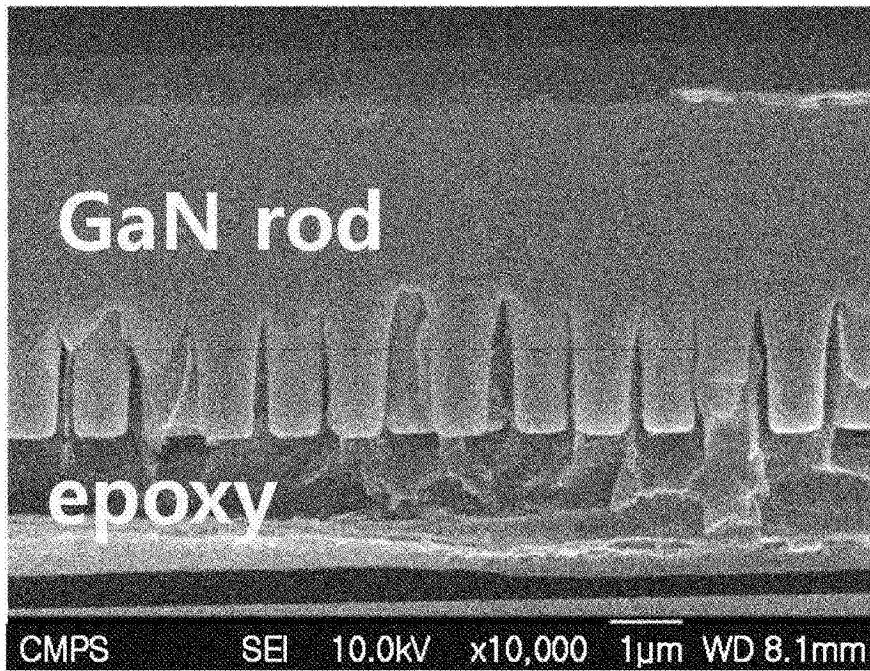


图28b

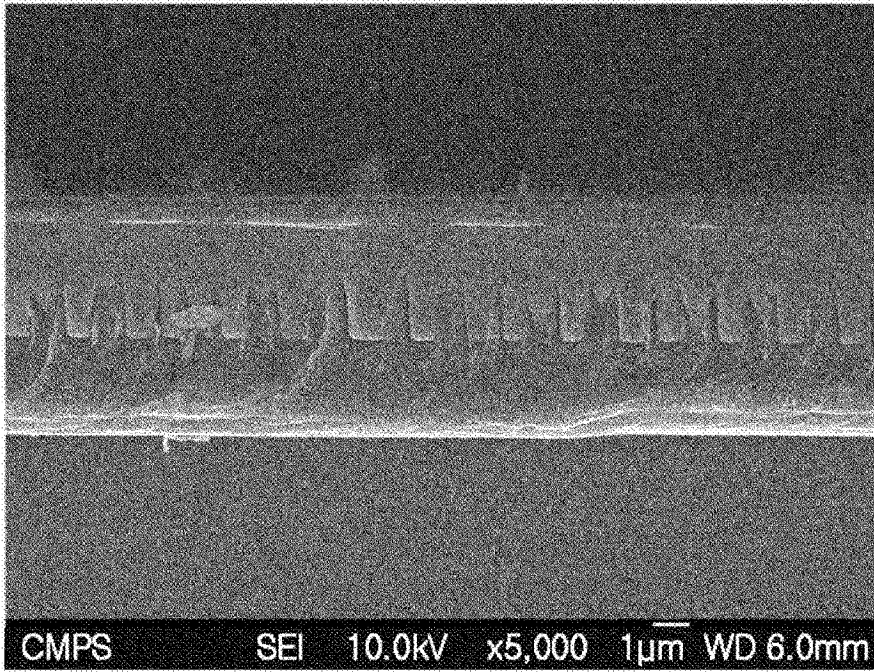


图29a

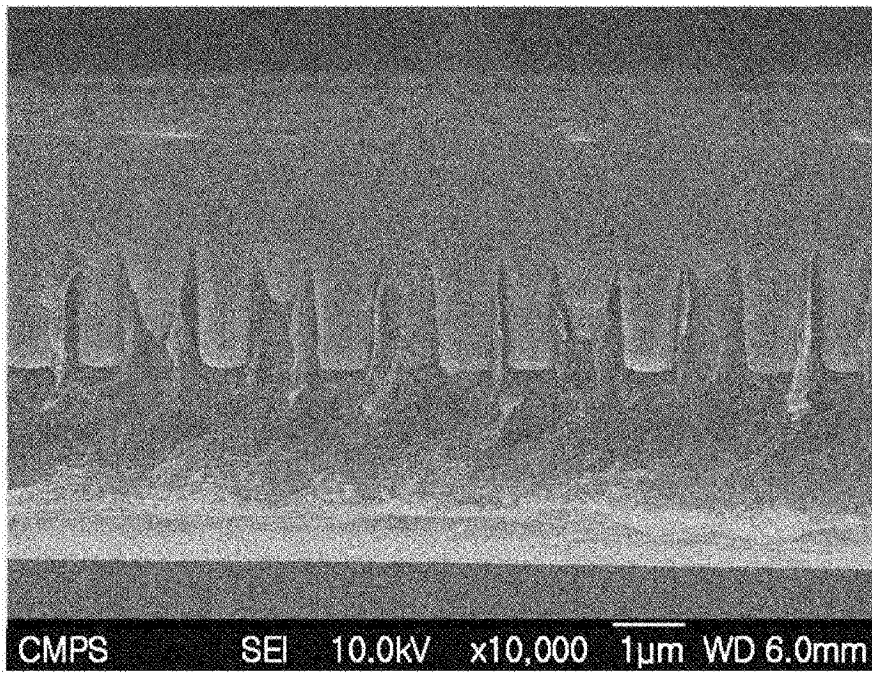


图29b

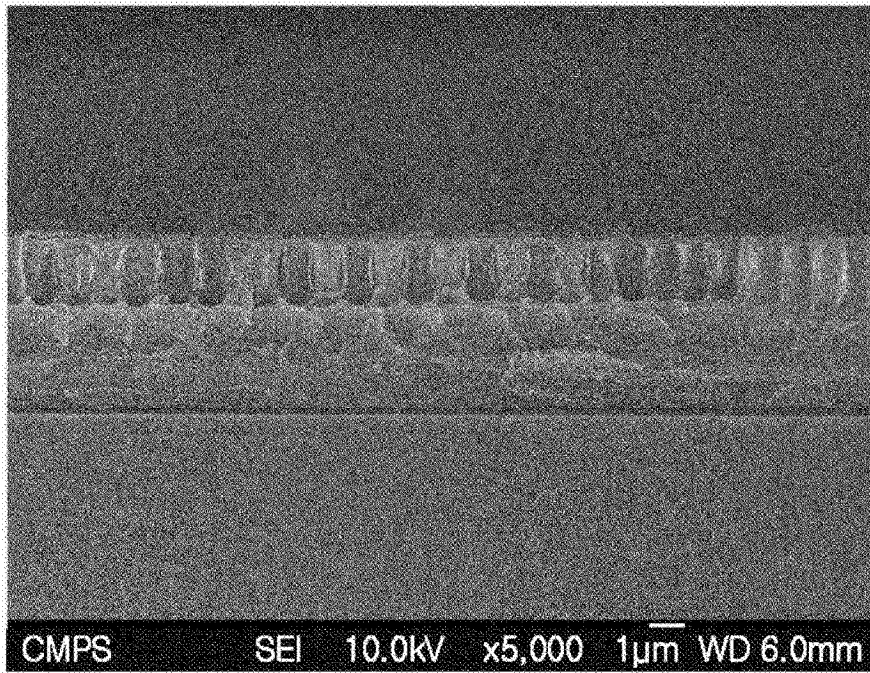


图30a

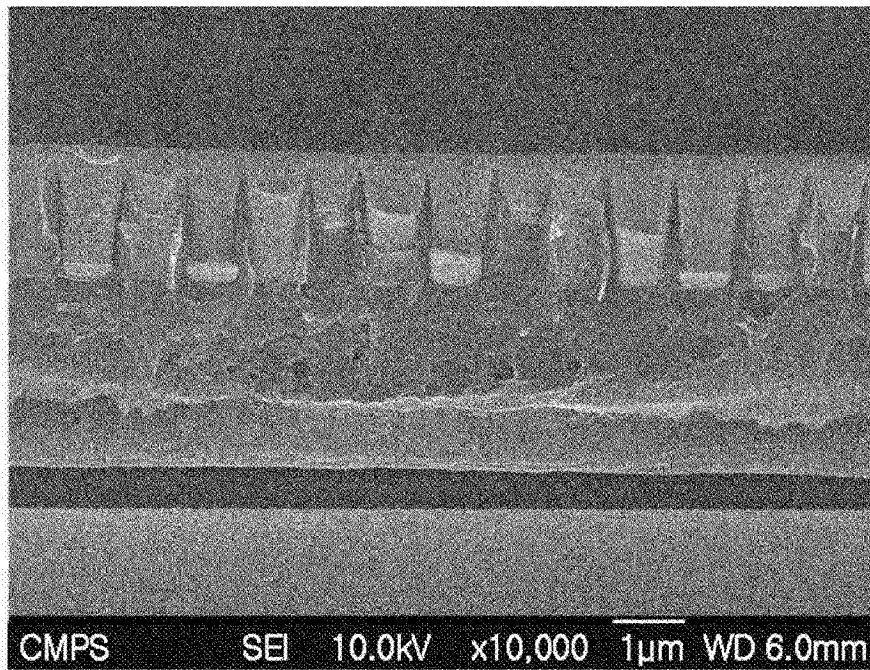


图30b

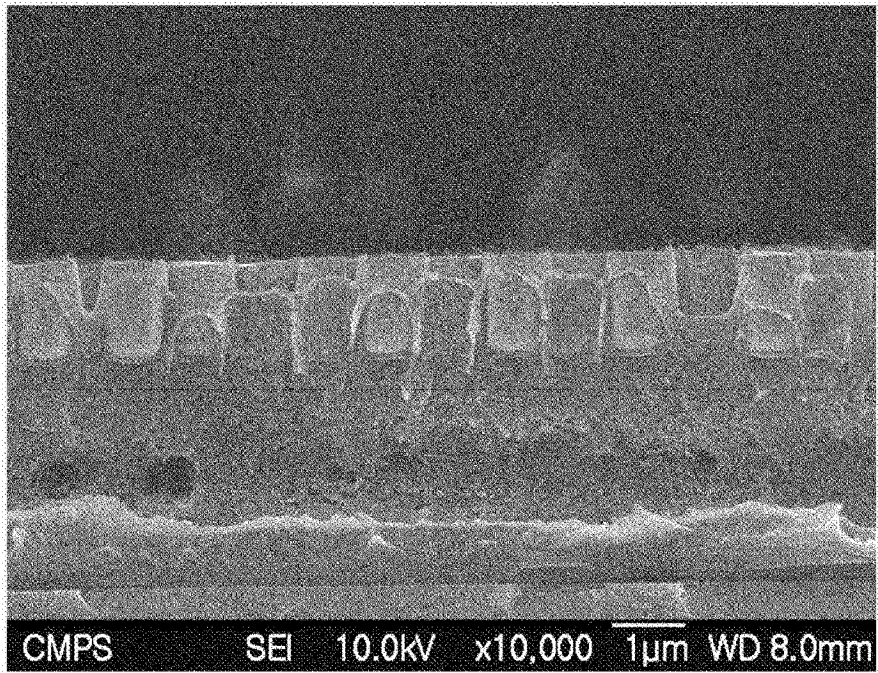


图31a

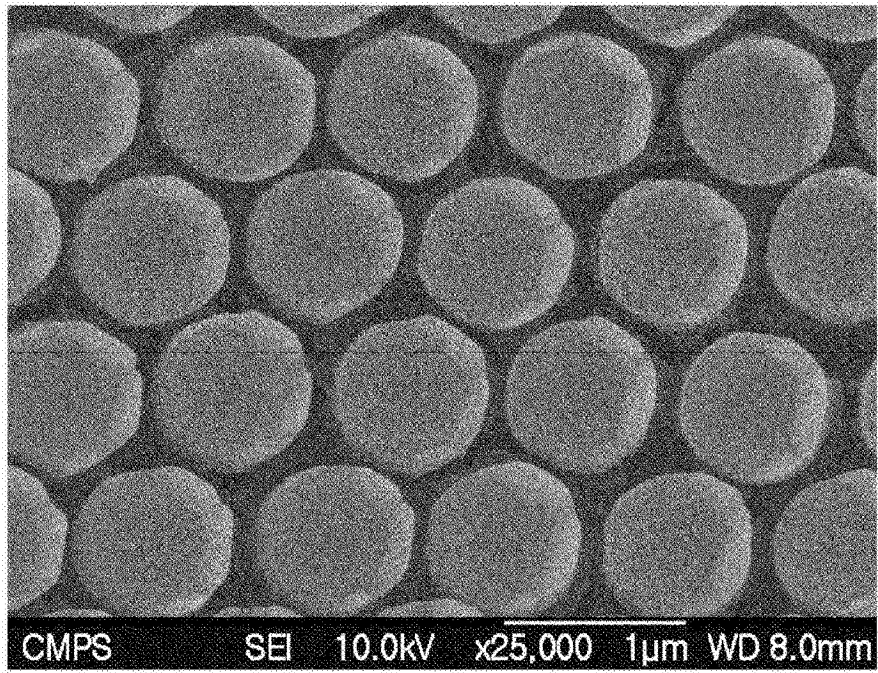


图31b

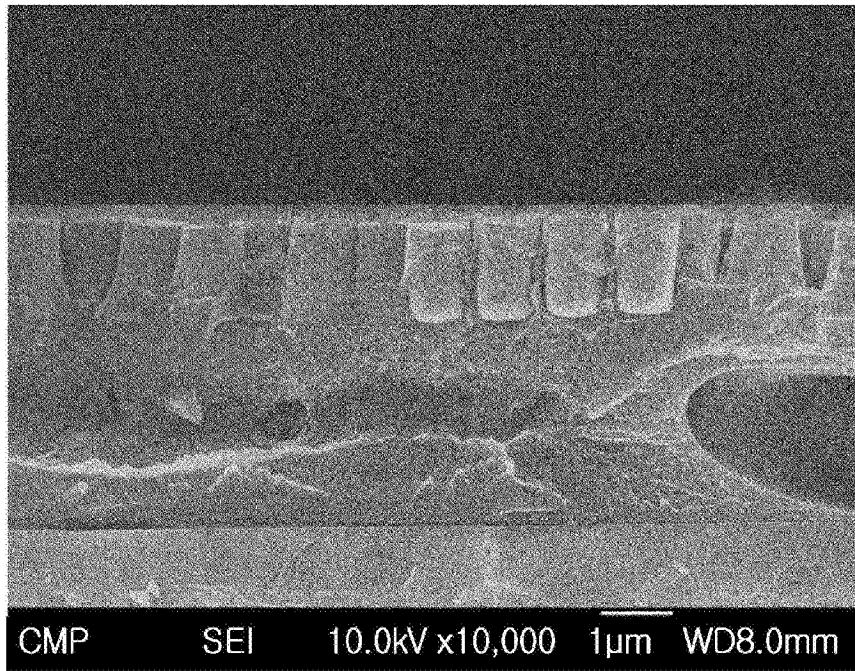


图32

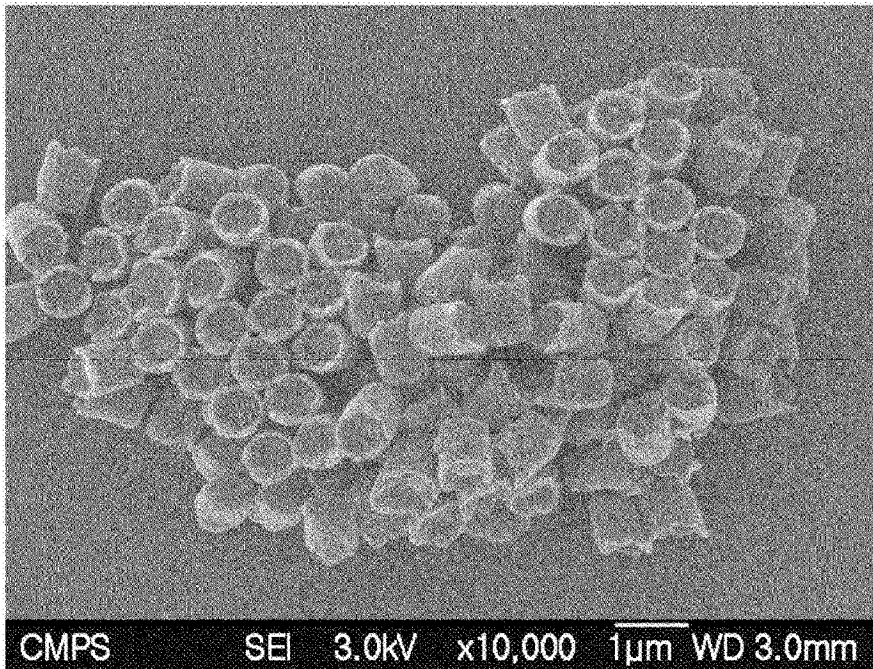


图33

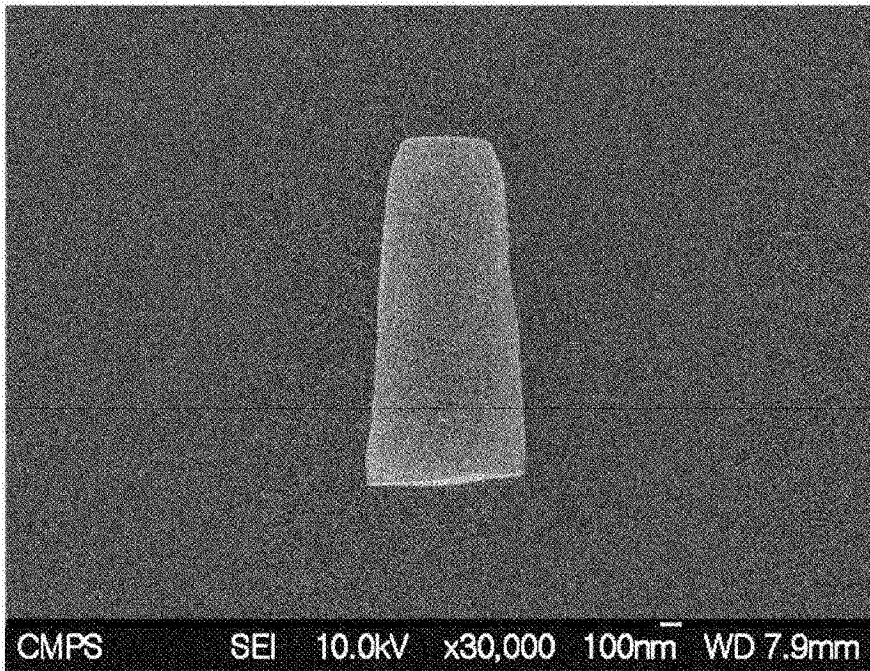


图34

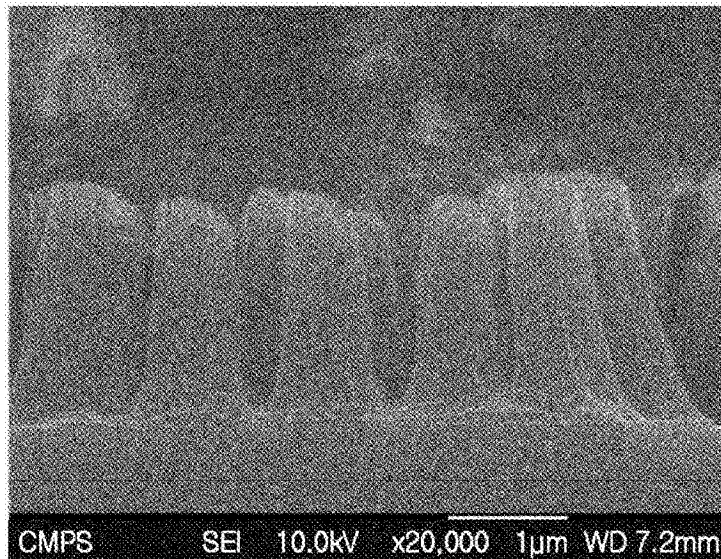


图35

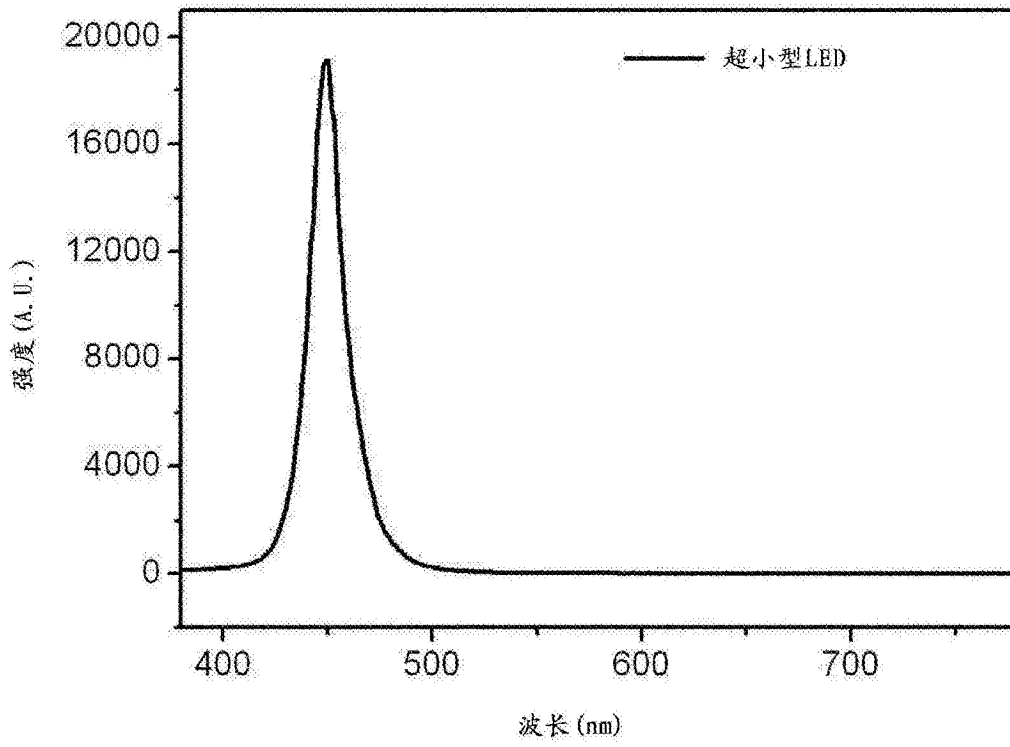


图36

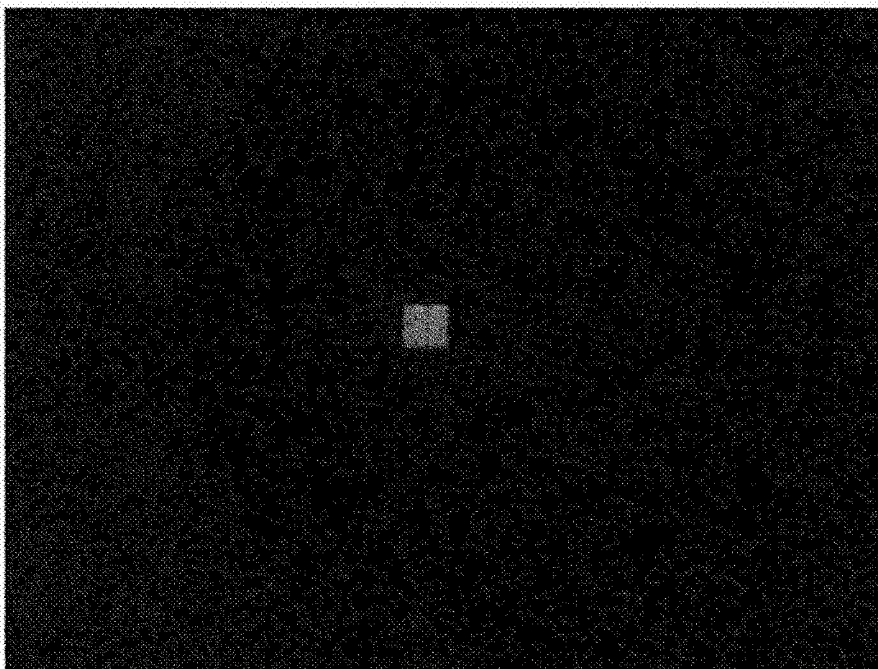


图37a

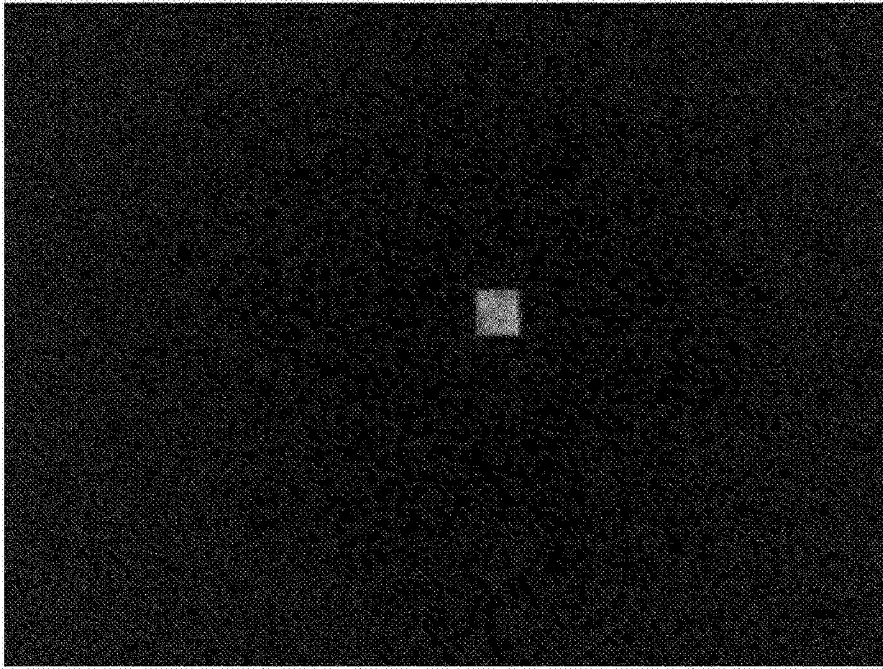


图37b

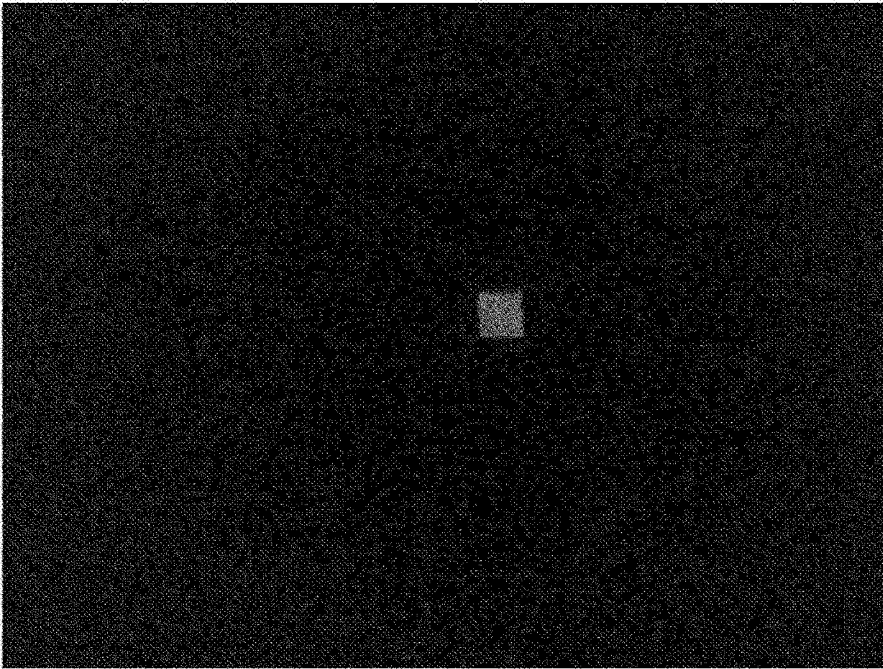


图37c