[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01L 21/00 (2006.01)
H01L 33/00 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410030492.5

[45] 授权公告日 2008 年 6 月 25 日

[11] 授权公告号 CN 100397559C

[22] 申请日 2004.3.25
[21] 申请号 200410030492.5
[30] 优先权
[32] 2003.3.26 [33] US [31] 10/397，799
[73] 专利权人 朗讯科技公司
地址 美国新泽西州
[72] 发明人 阿里夫·乔杜里 黄福明
理查特·埃利奥特·斯拉歇尔
[56] 参考文献
US6218771B1 2001.4.17
US6448100B1 2002.9.10
US5915164A 1999.6.22
审查员 夏 杰

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所
代理人 王彦斌

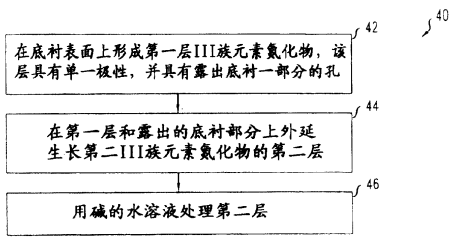
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 5 页

[54] 发明名称

具有图案式表面的III族元素氮化物层

[57] 摘要

用一种制造方法形成III族元素氮化物的图案层。该方法包括形成晶体底衬，并在该底衬的平表面上形成第一III族元素氮化物的第一层。该第一层具有单一极性，还具有孔或者沟槽的图案，这些孔或者沟槽露出一部分底衬。该方法还包括在第一层和露出的底衬部分上外延生长第二III族元素氮化物的第二层。该第一和第二III族元素氮化物具有不同的合金组份，该方法还包括用碱的水溶液处理第二层，从而使第二层形成图案。



1. 一种方法，包括:

形成具有平表面的晶体底衬;

在该平表面上形成第一 III 族元素氮化物的第一层，该第一层具有单一极性和具有孔或者沟槽的图案，这些孔或者沟槽露出底衬的一部分;

然后在第一层和露出的底衬部分上面外延生长第二 III 族元素氮化物的第二层，该第一和第二 III 族元素氮化物具有不同的合金组份，第二层在第一层上的部分具有金属极性且第二层在底衬上的部分具有 N 极性; 以及

用碱的水溶液处理第二层，以便机械地使第二层形成图案，从而在其中具有变形阵列，所述碱的水溶液选择更多地腐蚀第二层的 N 极性部分而非第二层的金属极性部分。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，该单一极性是 III 族金属极性。

3. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，外延生长的作用是在第一 III 族元素氮化物的上面形成第二 III 族元素氮化物的一个极性，而在底衬的露出部分上面形成第二 III 族元素氮化物的相反极性。

4. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，第二层由第一和第二区域构成，该第一区域位于底衬露出部分的上面，第二区域位于第一层上面; 并且所述碱的水溶液处理在第一和第二区域中的一个区域上形成角锥体，而在第一和第二区域中的另一个区域上形成平滑层。

5. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述碱的水溶液处理在第二 III 族元素氮化物的第二层上形成柱形孔或者沟槽的阵列。

6. 一种装置，包括:

具有平表面的晶体底衬;

位于该平面一部分上面的多个角锥形场发射极;

位于该表面另一部分上的第一 III 族元素氮化物的层，该场发射

极包括第二 III 族元素氮化物;

第二 III 族元素氮化物半导体层位于第一 III 族元素氮化物层的上面，并且没有角锥表面结构;

其中，第一和第二 III 族元素氮化物具有不同的合金组份。

7. 如权利要求 6 所述的装置，其特征在于，第一 III 族元素氮化物包括铝而第二 III 族元素氮化物包括镓。

8. 如权利要求 6 所述的装置，其特征在于，还包括：荧光屏，配置成可以接收由角锥形场发射极发射的电子;

多个闸门电极，配置在第二 III 族元素氮化物层和荧光屏之间。

9. 一种装置，包括:

具有平表面的晶体底衬;

位于该平表面上的第一 III 族元素氮化物的机械形成图案的层，该层中具有变形阵列；以及

第二 III 族元素氮化物层，位于第一 III 族元素氮化物机械形成图案的层的上面，并且具有柱形孔或者沟槽图案;

其中，所述孔或者沟槽形成一规则的阵列，并且

所述第一和第二 III 族元素氮化物具有不同的合金组份，所述第二层具有金属极性。

10. 如权利要求 9 所述的装置，其特征在于，至少一些孔或者沟槽的底表面接触该平表面。

具有图案式表面的III族元素氮化物层

技术领域

本发明涉及包含晶体III族元素氮化物的电学器件和光学器件。

背景技术

在电学和光学器件中采用晶体III族元素氮化物半导体。

对于电学器件，已经用 III 族元素氮化物来制造场发射极。场发射极是具有尖端的导体结构，该尖端响应电荷产生高电场。该高电场使得该尖端发射电子。为此,场发射极的阵列可以操作荧光图像屏。

一种先有技术方法已经用III族元素氮化物制造场发射极的阵列。III族元素氮化物具有很好的化学和机械稳定性，因为III族元素氮化物的化学键很稳定。这种稳定性对于使用场发射极阵列的器件是很有用的。

这种先有技术方法用 III 族元素氮化物生长场发射极。这种生长方法包括在蓝宝石底衬上外延生长氮化镓（GaN）层、在该 GaN 层上形成 SiO_2 掩膜以及在该掩膜的圆形窗口上外延伸长角锥形上的 GaN 场发射极。虽然该生长方法形成尺寸均匀的场发射极，但该场发射极没有很尖的尖端。为了产生更高的电子发射率和较低的阈值电压，需要更尖的尖端。

对于电学器件，III族元素氮化物具有高的折射率。在制造光子带隙结构时需要具有高折射率的材料。对于固定的光子带隙，这种材料能使光子带隙结构的特征尺寸大于用低折射率材料制造的结构的尺寸。

用于制造共面光子带隙结构的一种方法包括干刻蚀 III 族元素氮化物的光滑层。然而不幸的是，III族元素氮化物的稳定性使得用于刻蚀掩膜材料上的 III 族元素氮化物的干刻蚀剂选择性差。因此，干刻

蚀不能在 III 族元素氮化物上形成深的表面花纹，干刻蚀方法只能在 III 族元素氮化物层上形成薄的共面光子带隙结构。

不幸的是，光不能与薄的共面结构进行充分的边缘耦合，为此需要提供一种方法来制造光子带隙结构，该结构在 III 族氮化物层上可以形成较高的表面凸纹。

发明内容

其中用机械方法形成的图案表面具有变形的阵列，例如孔的阵列、沟槽阵列或者物理粗糙区域的阵列。

各种实施例提供了用于制造具有图案式表面的 III 族元素氮化物层的方法。图案式表面形成最后结构的各种功能。制造方法利用了氮极（N 极）III 族元素氮化物层易于受强碱腐蚀的特性。该方法采用碱溶液来湿刻蚀 III 族元素氮化物层，由此形成图案式表面。例示性的图案式表面形成光子带隙结构和场发射极阵列。

在第一方面中，本发明以制造方法为特征。该方法包括形成晶体底衬，并在该底衬的平面上形成第一层，即第一 III 族元素氮化物层。该第一层具有单一的极性，并具有露出底衬一部分的孔或者沟槽的图案。该方法包括在第一层和露出的底衬部分上外延生长第二层，即第二 III 族元素氮化物层。该第一和第二 III 族元素氮化物具有不同的合金组份。该方法包括用碱的水溶液处理第二层，以便用机械方法使第二层形成图案。

在第二方面，本发明以装置和机械形成图案式表面为特色。该装置包括具有平面的晶体底衬和多个角锥形的场发射极，该发射极位于该表面的一部分上。该装置包括由第一 III 族元素氮化物组成的层，该层位于表面的另一部分上，还包括由第二 III 族元素氮化物组成的层，该层位于第一 III 族元素氮化物层的上面。该第二 III 族元素氮化物层没有角锥形的表面结构。该场发射极包括第二组 III 族元素氮化物，该第一和第二 III 族元素氮化物具有不同的合金组份。

在第三方面中，本发明以一种装置为特征，该装置包括晶体底衬和用机械方法形成的第一 III 族元素氮化物图案层，该层位于底衬的

平面上。该装置还包括第二 III 族元素氮化物层，该层位于第一 III 族元素氮化物的机械形成的图案层上。第二 III 族元素氮化物层具有柱状孔或者沟槽的图案。该第一和第二 III 族元素氮化物具有不同的合金组份。

附图说明

图 1A 是横截面图，示出 III 族元素氮化物场发射极阵列的平面结构；

图 1B 是横截面图，示出 III 族元素氮化物场发射极的场发射阵列的另一平面结构；

图 1C 示出平板式图像显示器，该显示器包括图 1A 或者 1B 所示的场发射阵列；

图 2 是结构的横截面图，该结构包括一层 III 族元素氮化物，该层氮化物用机械方法断续形成有孔或者沟槽的图案；

图 2A 是光子带隙器件的一个实施例的顶视图，该器件包括由图 2 所示结构表示的结构；

图 2B 是光子带隙器件另一实施例的顶视图，该器件包括由图 2 所示结构表示的结构；

图 2C 是光子带隙器件另一实施例的顶视图，该器件包括由图 2 所示结构代表的结构；

图 3 是流程图，示出制造结构的方法，该结构具有如图 1A-1B、2、2A 和 2B 所示的 III 族元素氮化物图案层；

图 4 是用图 3 所示方法实施例制造的结构其斜视电子扫描显微照片（SEM），该结构湿刻蚀时间很短；

图 5 是用图 3 所示方法实施例制造的结构，其顶视 SEM，该结构的湿刻蚀时间为中等；

图 6 是用图 3 所示方法实施例制造的结构其顶视 SEM，其中湿刻蚀时间很长；

图 7 是流程图，示出制造 GaN 结构的具体方法，该结构具有图 1A-1B、2、2A 和 2B 所示的图案层。

在附图和文中，相同的编号表示类似的部件。

具体实施方式

III 族金属和氮之间的稳定化学键使得 III 族元素氮化物半导体可以抗任何腐蚀剂的腐蚀。但是强碱的水溶液可以腐蚀 III 族元素氮化物层的氮极表面。这种湿腐蚀剂能够在已经形成极性图案的 III 族元素氮化物层上自动形成图案。例示性的图案表面形成如图 1A-1B 所示的场发射极阵列和如图 2、2A 和 2B 所示的光子带隙结构。

图 1A 示出场发射极阵列 10A。该场发射阵列 10A 包括底衬 12 和侧向相互散开的柱形第一和第二区域 14 和 15 的规则图案。第一和第二区域 14 和 15 覆盖底衬 12 的平面 17。该底衬是晶体材料例如碳化硅（SiC）或者（0 0 0 1）晶面蓝宝石。第一和第二区域 14 和 15 区域包括 III 族元素氮化物的相应（0 0 0 1）极性晶面和（0 0 0 $\bar{1}$）极性晶面。区域 14 和 15 的 III 族元素氮化物与底衬 12 的顶面 17 有很大的晶格失配。

III 族元素氮化物的（0 0 0 $\bar{1}$）极性晶面和（0 0 0 1）极性晶面称作 N 极晶面和金属极晶面。N 极晶面和金属极晶面具有固有的相反极化作用。平的 N 极层和金属极层的自由面分别结束于氮原子层和 III 族元素金属层。

第一和第二柱形区域 14 和 15 具有物理上不同的表面，因此在底衬 12 上形成 III 族元素氮化物的图案层。第一区域 14 包括 III 族元素氮化物的一个或多个六角形角锥体 16。因此第一区域 14 具有不平的露出表面，该表面包括尖端 20。第二区域 15 包括 III 族元素氮化物的光滑层，并且没有角锥形结构。因此第二区域 15 的露出表面 22 是平滑的平面。第二区域 15 的表面 22 和第一区域 14 的最高尖端 20 相比位于底衬 12 平表面 17 的更上面。

第一区域 14 的六角形角锥体 16 具有尖的顶点 20，因此可以起场发射极的作用。该顶部尖端 20 的直径小于 100nm。在 III 族元素氮化物是 GaN 的实施例中，角锥体 16 的尖端 20 其直径小于约 20-30nm，并具有与平表面 17 形成约 56°-58°的表面。该角锥体 16 具有六个表面，

这些表面是（10$\bar{1}\bar{1}$）小表面。

在单个第一区域中，六角角锥体 16 和顶部尖端 20 的分布是随机的。不同的第一区域 14 具有不同数目的六角角锥体 16。第一区域 14 的尺寸是不变的，因为相互散开的第二区域 15 具有同样的尺寸和规定的侧向分布。

在第二区域 15 中，第一 III 族元素氮化物层位于更薄的底层 18 上，该底层由第二 III 族元素氮化物构成。第二 III 族元素氮化物与底衬 12 的平面 17 有很大的晶格失配。重要的是，第二 III 族元素氮化物使金属极性生长在底衬 12 的表面 17 上。

图 1B 示出场发射极阵列 10B 的另一实施例。该场发射极阵列 10B 包括底衬 12 和如图 1A 所示的相互散开的柱形第一和第二区域 14 和 15 的规则图案。在场发射极阵列 10B 中，第二区域 14 包括重叠的六角形角锥体 16，而不是如场发射极阵列 10A 那样是分开的角锥体 16。另外，角锥体 16 具有一定的尺寸范围，并位于 N 极 III 族元素氮化物的厚层 19 上，而不是如图 1A 所示的场发射极阵列 10A 中那样，直接长在平面 17 上。在场发射极阵列 10B 中，六角角锥体 16 仍具有尖的顶端 20，因此，仍然可以有效的起场发射极的作用。顶部尖端 20 仍低于第二区域 15 的露出顶表面 22。

图 1C 示出平面图像显示器 24 的实施例。该显示器 24 包括场发射极阵列 10，例如图 1A 或者图 1B 所示的阵列 10A 或者 10B。该显示器 24 还包括金属电极 26 和荧光屏 28。该金属电极 26 由场发射极阵列的第二区域 15 的平顶表面 22 支承。该顶表面 22 沿一个比尖端 20 本身更靠近荧光屏 28 的平面支承金属电极 26。为此，金属电极 26 能够控制场发射极阵列的电子发射。金属电极 26 起相邻第一区域 14 中场发射极的控制闸门作用。将金属电极 26 支承在第二区域 22 上可以方便地避免需要将电极自准直在各个尖端 20 上。这种准直方法很复杂，因为在各个第一区域 14 中尖端 20 的位置是随机的。

图 2 示出具有第一 III 族元素氮化物图案层 32 的另一种结构 30。该层 32 位于金属底衬 12 的顶表面 17 上，例如蓝宝石底衬的（0 0 0 1）

晶面上。该层 32 包括同样的柱形孔或者沟槽 34 的规则阵列。该孔或者沟槽 34 具有大体矩形横截面并横穿过层 32 的整个厚度。该层 32 位于图案式的底层 18 上。该底层 18 是第二晶体 III 族元素氮化物，其合金组份不同于第一 III 族元素氮化物。该底层 18 外延配置在 III 族金属极的平表面 17 上。

对于该对层 18 和 32，例示性的一对第二和第一 III 族元素氮化物半导体是：AlN 和 GaN 对，或者 AlN 和 AlGaN 对。

层 32 的厚度通常是底层 18 厚度的 100-10000 倍。例示性的 GaN 层 32 的厚度为 30 微米或者更厚，例示性的 AlN 底层 18 的厚度仅约为 20-30nm。底层 18 必须厚到足以准直位于底层 18 上的另一层的极化。

在光学器件中，该层 32 通常起平面波导件的光学芯作用。该波导件通过边缘 37 接收入射光 36，并经相反的边缘 39 送出射出光 38。层 32 与光导纤维和其它光波导件的这种边缘耦合对于层 32 较厚的实施例是更有效的。因此，该层 32 最好相当厚，即在 30 微米以上，因为这种较厚的层 32 可以使端部更有效地耦合于标准的光导纤维和波导件。

图案式的较厚层 32 例如是厚的光子带隙结构。厚光子带隙结构和用干刻蚀方法形成的较薄光子带隙结构相比，可以更有效地进行光的边缘耦合。

图 2A 和 2B 示出两个例示性的平面光子带隙结构 30A 和 30B。在图 2 中示出真实结构 30A 和 30B 的横截面图。结构 30A 和 30B 包含金属极 III 族元素氮化物即（0 0 0 1）晶面 III 族元素氮化物的层 32。该层 32 位于图 2 所示的晶体底衬 12 的顶表面上，该层 32 由基本上完全一样的柱形部件 34B 和 34B 的阵列形成图案。该柱形部件 34A 和 34B 分别是结构 30A 和 30B 中的孔和沟槽。

该孔 34A 和沟槽 34B 形成分别具有一个和两个无联系晶格对称性的规则阵列。为此，孔 34A 和沟槽 34B 产生层 32 折射率的相应二维和一维周期性调制，这种折射率调制形成阵列中选定点阵长度的光子带隙结构。1/4 奇整数倍乘以介质中入射光有效波长得到的点阵长度可

以形成光子带隙结构。

图 2C 示出光子带隙结构 30C，该结构类似于图 2A 所示的光子带隙结构 30A，只是孔和 III 族元素氮化物材料层被交换。在结构 30C 中 III 族元素氮化物的层 32C 是二维的分离柱阵列。在 III 族元素氮化物柱之间的是相互连接的沟槽 34C 的二维图案。该沟槽 34C 与柱彼此分离。

图 3 示出制造一种结构的方法 40，该结构具有 III 族元素氮化物的图案层，例如如图 1A-1B、2、2A 或者 2B 所示。

该方法 40 包括在晶体底衬的选定平面上形成第一 III 族元素氮化物的金属极性第一层（步骤 42）。形成该层的步骤包括外延生长第一 III 族元素氮化物和用光刻法形成该层的图案。选择第一 III 族元素氮化物的组份，以确保外延生长能够形成金属极性层。该图案是相同孔或者沟槽的规则图案，这些孔和沟槽穿过该层，露出底衬的一部分。

随后，方法 40 包括在第一层和底衬的露出部分的上面外延生长第二 III 族元素氮化物的较厚第二层（步骤 44）。在整个第一层上生长具有金属极性的第二层。而在底衬的露出部分上生长具有 N 极性的第二层。第一和第二 III 族元素氮化物具有不同的合金组份例如 AlN 和 GaN，并且与底衬有很大的晶格失配。

最后，方法 40 还包括用强碱例如 KOH 或者 NaOH 的水溶液处理第二层（步骤 46）。该水溶液可以选择性腐蚀 N 极表面，使第二层形成图案。强碱水溶液不会显著腐蚀 III 族元素氮化物的金属极表面。机械图案的形状定性的取决于腐蚀时间和腐蚀剂的浓度。

图 4 是极性条 GaN 层 50 的电子扫描显微照片，该层已经用 2 摩尔 KOH 的水溶液刻蚀 45 分钟。该 GaN 层在湿刻蚀期间保持在约 90℃的温度。

刻蚀的 GaN 层 50 具有 N 极 GaN 条 52 和 Ga 极的 GaN 条 54。相当短的刻蚀时间已经从 N 极 GaN 条 52 上除去大量材料，而没有从 Ga 极的 GaN 条 54 上除去大量材料。在 N 极条 52 上，这种刻蚀形成由紧实的六角 GaN 角锥体例如图 1B 所示的角锥体构成的表面。该角

锥体具有不同的尺寸和直径约为 20-30nm 和更小的顶部尖端。

测量表明，角锥体的密度 ρ_Δ 随刻蚀温度 T 变化，例如 $[\rho_\Delta]^{-1}=[\rho_{\Delta 0}]^{-1}\exp(-E_a/k_BT)$，式中 k_B 是玻尔兹曼常数。对于两摩尔 KOH 溶液、15 分钟的刻蚀和 25℃-100℃之间的温度，测量显示，激发能 E_a 等于约 0.587eV。

本发明人认为，湿的 KOH 刻蚀可以形成紧实的六角形 GaN 角锥体的分布，这部分是由于不受腐蚀的 Ga 极 GaN 条 54。具体是，Ga 极条侧向限制 N 极条 52，使得刻蚀剂腐蚀 N 极条 52 的顶表面，而不腐蚀其侧表面。当 N 极 GaN 条的宽度约为 7 微米时，KOH 湿刻蚀形成紧实的有尖端的六角 GaN 角锥体。可以认为，紧实六角角锥体也是由于 KOH 湿刻蚀 GaN 表面形成的，在这种表面中 N 极 GaN 条的宽度约为 100 微米和更小。然而不能认为，KOH 湿刻蚀平表面不受限制 N 极 GaN 也会产生紧实的有尖端的六角 GaN 角锥体。

图 5 是扫描电子显微照片，示出极性条的 GaN 层 50，该条已用 4 摩尔的 KOH 水溶液刻蚀 60 分钟。另外，该 GaN 层在湿刻蚀期间保持在约 90℃的温度。

更强的腐蚀可以从 N 极 GaN 条 52 上除去所有材料，只是分离出六角形 GaN 角锥体 56。该湿刻蚀在下面的晶体蓝宝石底衬上停止。中等时间长度的刻蚀至少在各个 N 极 GaN 条内将形成像图 1A 的图案。在这些区域内六角 GaN 角锥体 56 具有随机分布。

图 6 是极性条 GaN 层 50 的电子扫描照片，该层已经用 4 摩尔的 KOH 水溶液腐蚀 60 分钟以上。另外，在腐蚀期间该 GaN 层保持在 25℃-125℃的温度。最好保持在约 90℃温度。

这种较长时间的腐蚀可以完全除去原来的 N 极 GaN 条 52。结果，基本上垂直的沟槽分开没有腐蚀的极性条 54。Ga 极性条 54 的侧壁不是完全垂直的，因为湿腐蚀剂慢慢地腐蚀 GaN 层的侧壁。超过 4 摩尔的较高浓度 KOH 的水溶液容易腐蚀 Ga 极条 54 露出的侧壁和表面。最终得到的结果具有像图 2、2A 和 2B 所示结构 30、30A 和 30B 的 III 族元素氮化物的图案式 Ga 极层。

图 7 示出制造 GaN 结构的方法 60，该结构形成如图 1A、1B、2、2A 和 2B 所示的图案。该方法 60 包括制备平面蓝宝石生长底衬（步骤 62）、在底衬上生长 Ga 极性准直层并在该层上形成图案（步骤 64）以及在该准直层上外延生长有极性图案的 GaN 层（步骤 66）。该方法 60 还包括湿刻蚀该 GaN 层，以便选择性除去 N 相区域中的 GaN，形成机械图案（步骤 68）。

在步骤 62 中，生长蓝宝石底衬包括清洗晶体蓝宝石底衬的（0 0 0 1）晶面。该清洗包括用水性清洗溶液清洗表面 1 分钟。将约 96%重量硫 H_2SO_4 的第一水性溶液与约 30%重量 H_2O_2 的第二水性溶液相混合便形成清洗水溶液。在混合期间，将约 10 份体积的第一溶液和 1 份体积的第二溶液混合。这种清洗还包括用去离子水清洗的表面，然后风干蓝宝石生长底衬。

在步骤 62 中，形成蓝宝石生长底衬还包括在分子束外延（MBE）系统的缓冲室中在约 200℃的温度下，使蓝宝石底衬去气。这种去气一起到缓冲室的压力低于约 5×10^{-9} 乇，去气后将蓝宝石底衬移到可以形成等离子体的 MBE 系统的生长室中。

在步骤 64 中，生长 Ga 极性准直层和其上形成图案的步骤包括在蓝宝石底衬上进行 AlN 层的 MBE 生长（子步骤 64a）。为了进行 MBE 生长，生长室的温度以每分钟约 8℃的速度上升到约 720℃的最后温度。利用在底衬后表面上沉积的 300nm 厚的钛层使蓝宝石温度保持在均匀温度下。

用 MBE 系统使 AlN 层生长到厚度约 20-30nm。这种薄的 AlN 层应足以厚到覆盖蓝宝石底衬的整个露出表面。在 32P 型号的分子束外延系统（Riber Corporation of 133 boulevard National,Boite Postale 231,92503 Rueil Malmaison France）中，生长条件是：Al 渗出池的温度约为 1050℃、氮流量约为 2sccm，而射频功率约 500W。

在步骤 64 中，形成图案式的 AlN 层 12 的步骤包括在已经生长的 AlN 层上用 MBE 生长约 50nm 的保护层 GaN（子步骤 64b）。该 GaN 层保护下面的 AlN 层在随后从 MBE 生长室中取出底衬时不受氧化。

生长 GaN 层的条件类似于用 MBE 生长 AIN 层的条件，只是除升高 Al 渗出池的温度而外还升高 Ga 渗出池中的温度。在这种生长期间，Ga 渗出池的温度约为 1000℃-1020℃。

在将蓝宝石底衬冷却到约 200 之后，在 GaN/AlN 层上用光刻法形成窗口的规则阵列，该窗口露出蓝宝石底衬的选择部分（子步骤 64c）。形成图案的步骤包括在 GaN 层上形成光阻材料的掩膜，然后进行常规的氯基等离子体腐蚀，以除去 GaN/AlN 层的未掩蔽部分。等离子体腐蚀的例示条件是：射频源功率约为 300-500W、源的偏压约 100-200V，氯-氩气流速约为 10-25sccm（流量的 20%-50%是氩气），而气体压力约为 1-10 毫乇。这种等离子体腐蚀形成 GaN 层盖住 AlN 层区域的预定图案。

进行等离子体腐蚀以后，在 HCl 的水溶液中清洗蓝宝石底衬，该底衬具有 GaN 覆盖 AIN 的图案，然后用去离子水中漂洗，最后用氮气风干。该清洗水溶液的 HCl 重量约在 36.5%-48%。然后再进行上述步骤，将蓝宝石底衬再引入到 MBE 系统中。

在步骤 66 中，外延生长 GaN 层包括用等离子体增强 MBE 生长 GaN 层，使其厚度达到约 2 微米或更多。在 MBE 生长期间，该系统的条件是：Ga 渗出池的温度约 1000℃-1020℃，氮的流量约 2sccm，而射频功率约为 500W。在这种生长期间，GaN 覆盖 AlN 的区域。开始生长 Ga 极 GaN，蓝宝石底衬 10 的露出区域开始生长 N 极 GaN。

在步骤 68 中，各向异性湿刻蚀包括将 GaN 层和底衬浸在 KOH 的水溶液中。例示性的湿刻蚀采用 1-4 摩尔的 KOH 水溶液，在 100℃的腐蚀时间约 15-60 分钟。KOH 的浓度和腐蚀时间定性确定得到的机械图案的形状，如图 4-6 所示。湿刻蚀选择性除去具有 N 极性的 GaN。但是用大于 4 摩尔 KOH 的更强碱性溶液进行湿刻蚀可以腐蚀原来 GaN 层的 Ga 极部分的端表面。

从此说明、附图和权利要求，技术人员可以明显看出本发明的其它实施例。

图1A

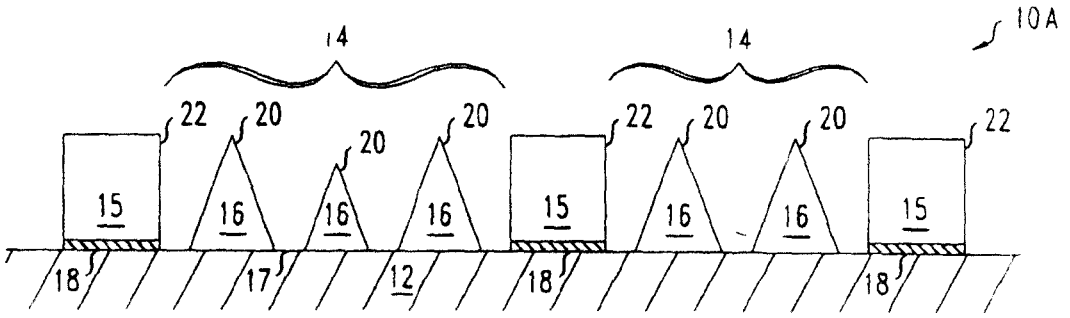

10A
14
14
22
20
15
16
18
17
12

图1B

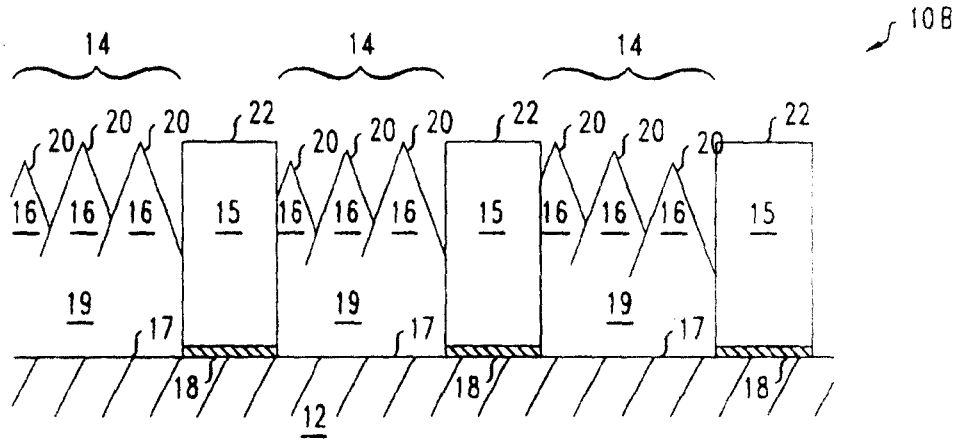

10B
14
20
22
15
16
19
17
18
12

图1C

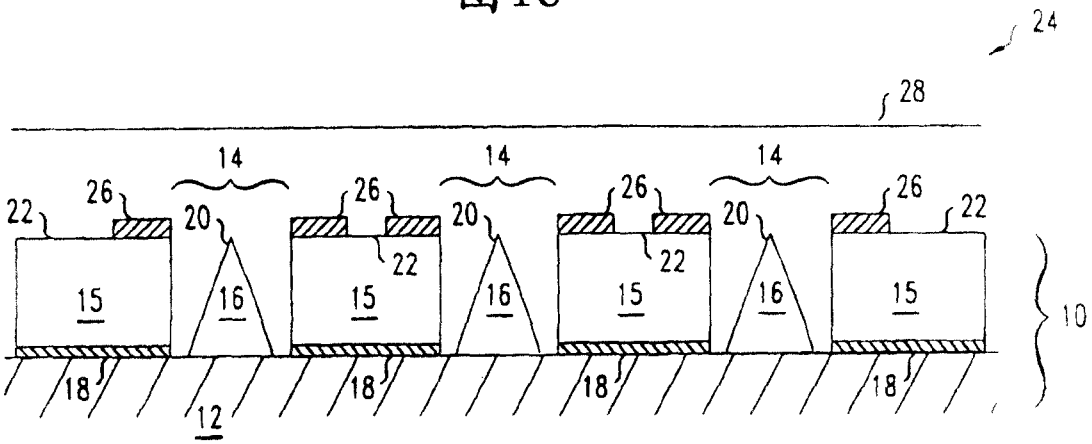

24
28
14
26
22
20
15
16
18
12
10

图2

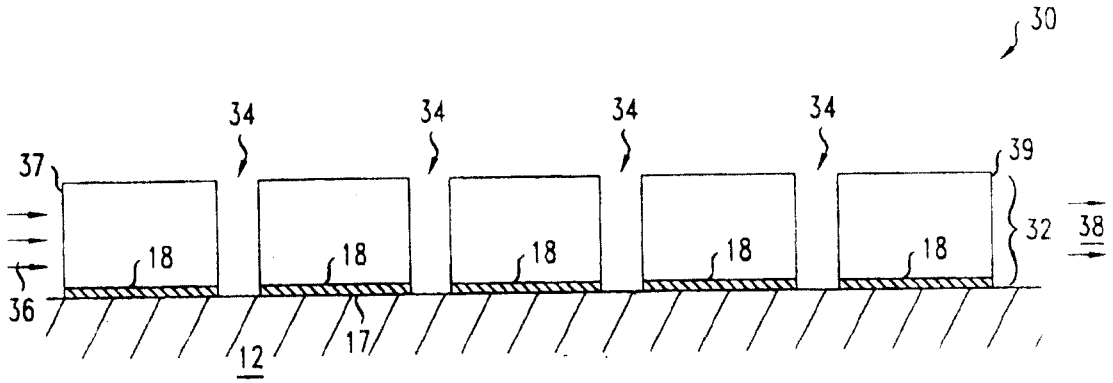

30
34
34
34
34
37
39
18
18
18
18
18
32
38
36
12
17

图2A

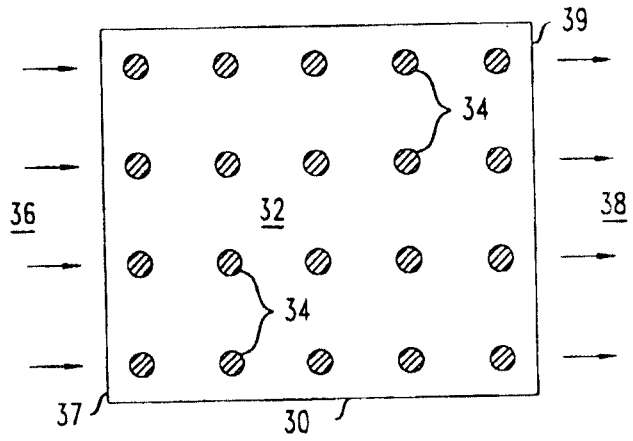

39
34
36
32
38
34
37
30

图2B

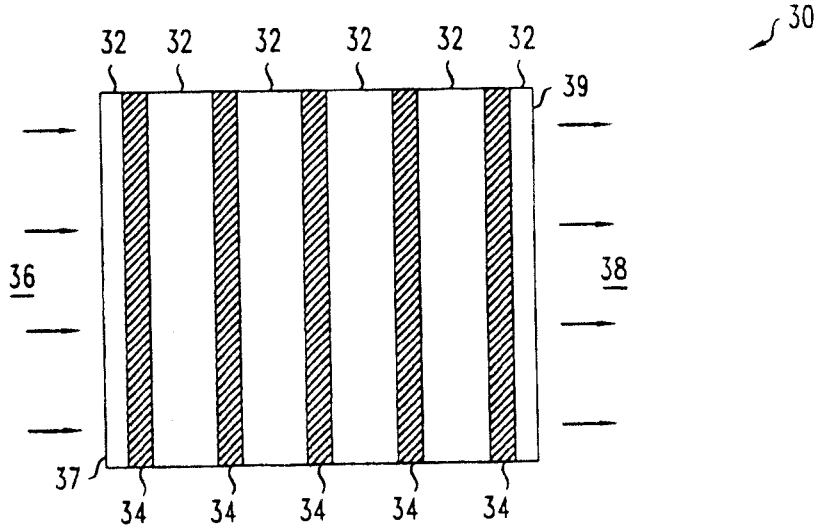


图2C

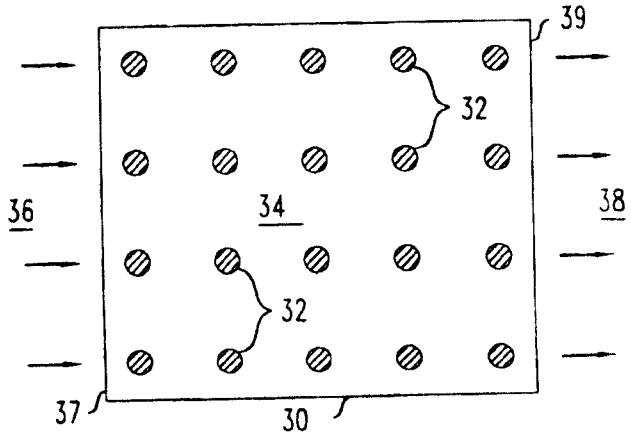


图3

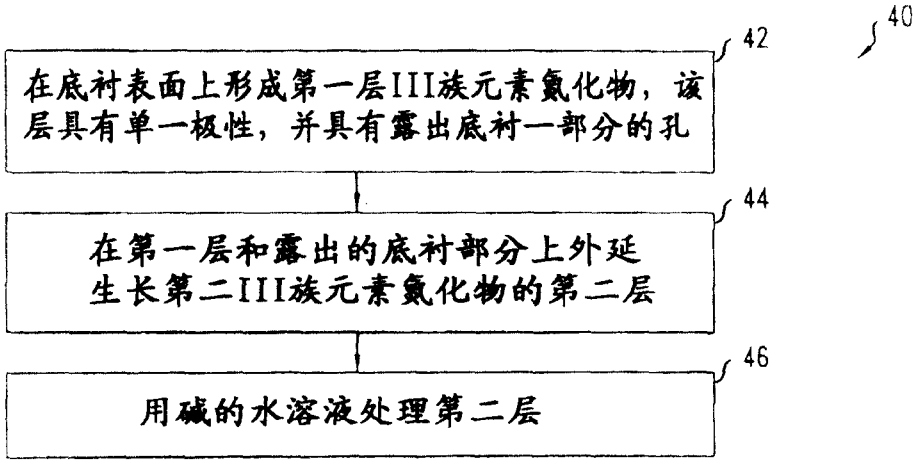

40
42
在底衬表面上形成第一层III族元素氮化物，该层具有单一极性，并具有露出底衬一部分的孔
44
在第一层和露出的底衬部分上外延生长第二III族元素氮化物的第二层
46
用碱的水溶液处理第二层

图7

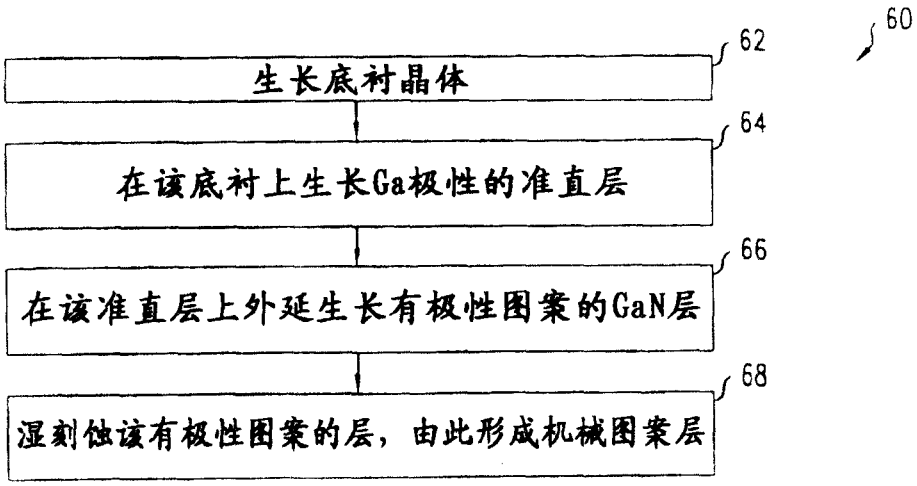

60
62
生长底衬晶体
64
在该底衬上生长Ga极性的准直层
66
在该准直层上外延生长有极性图案的GaN层
68
湿刻蚀该有极性图案的层，由此形成机械图案层

图4

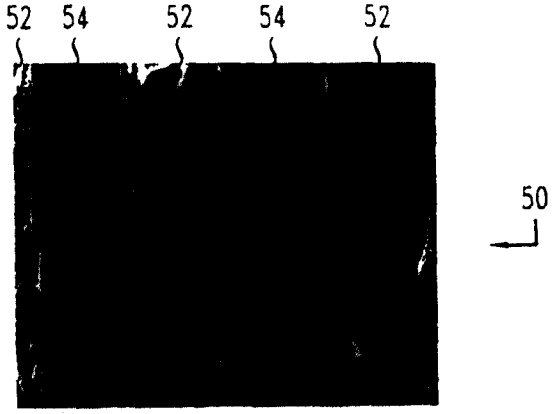


图5

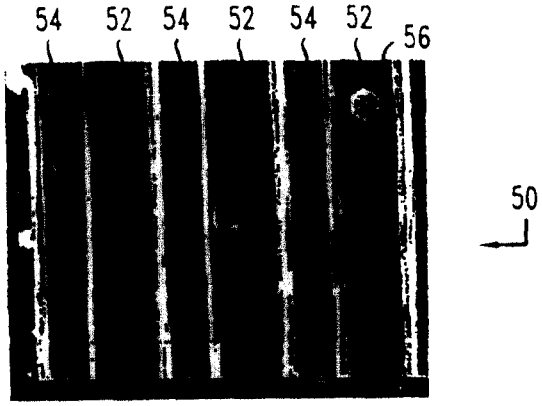


图6

