

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103374751 A

(43) 申请公布日 2013. 10. 30

(21) 申请号 201210122531. 9

(22) 申请日 2012. 04. 25

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华大学清
华-富士康纳米科技研究中心 401 室

申请人 鸿富锦精密工业(深圳)有限公司

(72) 发明人 魏洋 范守善

(51) Int. Cl.

C30B 25/02(2006. 01)

C30B 25/18(2006. 01)

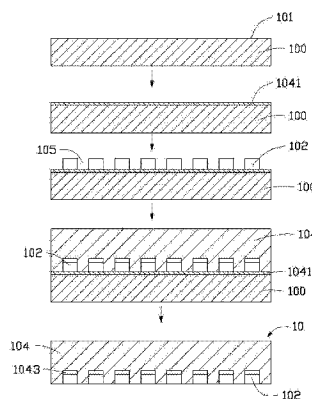
权利要求书2页 说明书12页 附图9页

(54) 发明名称

具有微构造的外延结构体的制备方法

(57) 摘要

本发明涉及一种具有微构造的外延结构体的制备方法,其包括以下步骤:提供一基底,所述基底具有一外延生长面;在所述基底的外延生长面上生长一缓冲层;在所述缓冲层远离基底的表面设置一石墨烯层;在所述设置有石墨烯层的缓冲层表面上生长外延层;去除所述基底,得到所述具有微构造的外延结构体。本发明的制备方法得到的具有微构造的外延结构体位错缺陷较少,且外延层与衬底之间的应力较小,质量高。



1. 一种具有微构造外延结构体的制备方法,其包括以下步骤:
提供一蓝宝石基底,所述蓝宝石基底具有一外延生长面;
在所述基底的外延生长面生长一缓冲层;
在所述缓冲层远离基底的表面设置一图案化的石墨烯层;
在所述缓冲层远离基底的表面生长一外延层;以及
去除所述基底,得到包括外延层和石墨烯层的具有微构造外延结构体。
2. 如权利要求1所述的具有微构造外延结构体的制备方法,其特征在于,所述石墨烯层为一单层石墨烯薄膜或多层石墨烯薄膜组成的连续的整体结构。
3. 如权利要求1所述的具有微构造外延结构体的制备方法,其特征在于,所述石墨烯层为分散的石墨烯粉末。
4. 如权利要求1所述的具有微构造外延结构体的制备方法,其特征在于,所述石墨烯层具有多个开口,且所述开口的尺寸为10纳米~120微米,所述石墨烯层的占空比为 $1:4^4:1$ 。
5. 如权利要求4所述的具有微构造外延结构体的制备方法,其特征在于,所述外延层从所述基底的外延生长面通过该开口暴露的部分生长。
6. 如权利要求1所述的具有微构造外延结构体的制备方法,其特征在于,所述石墨烯层为一图案化的单层石墨烯薄膜,其制备方法包括以下步骤:
制备一单层石墨烯薄膜;
将该单层石墨烯薄膜转移至所述基底的外延生长面;以及
将该单层石墨烯薄膜图案化。
7. 如权利要求6所述的具有微构造外延结构体的制备方法,其特征在于,所述单层石墨烯薄膜的制备方法为化学气相沉积法、机械剥离法、静电沉积法、碳化硅热解法、以及外延生长法中的一种或多种。
8. 如权利要求6所述的具有微构造外延结构体的制备方法,其特征在于,所述将该单层石墨烯薄膜图案化方法包括光催化二氧化钛切割法、离子束刻蚀法、原子力显微镜刻蚀法、以及等离子体刻蚀法中的一种或多种。
9. 如权利要求8所述的具有微构造外延结构体的制备方法,其特征在于,所述将该单层石墨烯薄膜图案化方法为光催化二氧化钛切割法,其具体包括以下步骤:
制备一图案化的金属钛层;
将该图案化的金属钛层加热氧化得到一图案化的二氧化钛层;
将该图案化的二氧化钛层与石墨烯薄膜接触,并采用紫外光照射该图案化的二氧化钛层;以及
去除图案化的二氧化钛层。
10. 如权利要求9所述的具有微构造外延结构体的制备方法,其特征在于,所述制备一图案化的金属钛层的方法为将金属钛直接沉积在一图案化的碳纳米管结构表面。
11. 如权利要求9所述的具有微构造外延结构体的制备方法,其特征在于,所述碳纳米管结构为一从碳纳米管阵列中拉取获得的碳纳米管膜。
12. 如权利要求9所述的具有微构造外延结构体的制备方法,其特征在于,所述将该图案化的金属钛层加热氧化的方法为给碳纳米管结构通入电流。

13. 如权利要求 1 所述的具有微构造外延结构体的制备方法,其特征在于,所述基底的去除方法为在一真空环境或保护性气体环境利用激光对所述基底进行扫描照射使缓冲层分解。

14. 如权利要求 13 所述的具有微构造外延结构体的制备方法,其特征在于,所述激光波长为 248nm,脉冲宽度为 20 ~ 40ns,能量密度为 400 ~ 600mJ/cm²,光斑形状为方形,其聚焦尺寸为 0.5mm×0.5mm,扫描步长为 0.5mm/s。

15. 如权利要求 1 所述的具有微构造外延结构体的制备方法,其特征在于,所述石墨烯层与缓冲层接触设置。

具有微构造的外延结构体的制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种具有微构造的外延结构体的制备方法。

背景技术

[0002] 以 GaN 以及 InGaN, AlGaN 为主的氮化物形成的具有微构造的外延结构体是近年来备受关注的半导体结构,其连续可变的直接带隙,优异的物理化学稳定性,高饱和电子迁移率等特性,使之成为激光器,发光二极管等光电子器件和微电子器件的优选半导体结构。

[0003] 由于 GaN 等本身生长技术的限制,现今大面积的 GaN 半导体层大多生长在蓝宝石等其他基底上。由于氮化镓和蓝宝石基底的晶格常数不同,从而导致氮化镓外延层存在较多位错缺陷。现有技术提供一种改善上述不足的方法,其采用非平整的蓝宝石基底外延生长氮化镓。然而,现有技术通常采用光刻等微电子工艺在蓝宝石基底表面形成沟槽从而构成非平整外延生长面。该方法不但工艺复杂,成本较高,而且会对蓝宝石基底外延生长面造成污染,从而影响外延结构的质量。

发明内容

[0004] 综上所述,确有必要提供一种位错缺陷较少,且外延层与衬底之间的应力较小的高质量具有微构造的外延结构体。

[0005] 一种具有微构造外延结构体的制备方法,其包括以下步骤:提供一蓝宝石基底,所述蓝宝石基底具有一外延生长面;在所述基底的外延生长面生长一缓冲层;在所述缓冲层远离基底的表面设置一图案化的石墨烯层;在所述缓冲层远离基底的表面生长一外延层;以及,去除所述基底,得到具有微构造外延结构体。

[0006] 与现有技术相比,本发明提供的具有微构造的外延结构体采用具有多个开口石墨烯层作为掩膜的方式生长外延层,大大降低了具有微构造的外延结构体的制备成本,并且所述石墨烯层具有良好的导电性,使得所述具有微构造的外延结构体具有广泛用途。

附图说明

[0007] 图 1 为本发明第一实施例提供的具有微构造的外延结构体的制备方法的工艺流程图。

[0008] 图 2 为图 1 中采用的第一种图案化石墨烯层的示意图。

[0009] 图 3 为图 1 中采用的第二种图案化石墨烯层的示意图。

[0010] 图 4 为图 1 中采用的第三种图案化石墨烯层的示意图。

[0011] 图 5 为图 1 中采用的第四种图案化石墨烯层的示意图。

[0012] 图 6 为本发明第一实施例中采用的碳纳米管膜的扫描电镜照片。

[0013] 图 7 为图 6 中的碳纳米管膜中的碳纳米管片段的结构示意图。

[0014] 图 8 为本发明采用的多层交叉设置的碳纳米管膜的扫描电镜照片。

[0015] 图 9 为图 1 中外延层的生长过程的示意图。

- [0016] 图 10 为本发明第一实施例提供的具有微构造的外延结构体的示意图。
- [0017] 图 11 为图 10 所示的具有微构造的外延结构体沿线 XI-XI 的剖面示意图。
- [0018] 图 12 为本发明第二实施例提供的具有微构造的外延结构体的分解示意图。
- [0019] 图 13 为图 12 所示的具有微构造的外延结构体整合示意图。
- [0020] 图 14 为本发明第四实施例提供的具有微构造的外延结构体的制备方法的工艺流程图。
- [0021] 主要元件符号说明

具有微构造的外延结构体	10, 20
基底	100
外延生长面	101
石墨烯层	102
第一石墨烯层	202
第二石墨烯层	302
凹槽	1043
凸起	1045
外延层	104
第一外延层	204
第二外延层	304
开口	105
缓冲层	1041
外延晶粒	1042
外延薄膜	1044
碳纳米管片段	143
碳纳米管	145

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

[0022] 以下将结合附图详细说明本发明实施例提供的具有微构造的外延结构体及其制备方法。为了便于理解本发明的技术方案,本发明首先介绍一种具有微构造的外延结构体的制备方法。

[0023] 请参照图 1,本发明第一实施例提供一种具有微构造的外延结构体 10 的制备方法,具体包括一下步骤:

- S11:提供一基底 100,且该基底 100 具有一外延生长面 101;
- S12:在基底 100 的外延生长面 101 生长一缓冲层 1041;
- S13:在所述缓冲层 1041 的远离基底 100 的表面设置一图案化的石墨烯层 102;
- S14:在设置有石墨烯层 102 的缓冲层 1041 表面生长一外延层 104;
- S15,去除所述基底 100,得到所述具有微构造的外延结构体 10。

[0024] 在步骤 S11 中,所述基底 100 提供了生长所述外延层 104 的外延生长面 101。所述基底 100 的外延生长面 101 是分子平滑的表面,且去除了氧或碳等杂质。所述基底 100 可以为单层或多层结构。当所述基底 100 为单层结构时,该基底 100 可以为一单晶结构体,且具有一晶面作为外延层 104 的外延生长面 101。所述单层结构的基底 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、

GaN、AlInN、GaAsP、InGaN、AlGaInN、AlGaInP、GaP:Zn 或 GaP:N 等。当所述基底 100 为多层结构时,其需要包括至少一层上述单晶结构体,且该单晶结构体具有一晶面作为外延层 104 的外延生长面 101。所述基底 100 的材料可以根据所要生长的外延层 104 来选择,优选地,使所述基底 100 与外延层 104 具有相近的晶格常数以及热膨胀系数。所述基底 100 的厚度、大小和形状不限,可以根据实际需要选择。所述基底 100 不限于上述列举的材料,只要具有支持外延层 104 生长的外延生长面 101 的基底 100 均属于本发明的保护范围。本实施例中,所述基底 100 的材料为 Al_2O_3 。

[0025] 步骤 S12 中,所述缓冲层 1041 的生长方法可以分别通过分子束外延法(MBE)、化学束外延法(CBE)、减压外延法、低温外延法、选择外延法、液相沉积外延法(LPE)、金属有机气相外延法(MOVPE)、超真空化学气相沉积法(UHV-CVD)、氢化物气相外延法(HVPE)、以及金属有机化学气相沉积法(MOCVD)等中的一种或多种实现。所述缓冲层 1041 的材料可以为 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。当缓冲层 1041 根据所要生长的外延层的材料选取,所述缓冲层 1041 的材料能够减少所述外延层生长过程中的晶格失配,降低生长的位错密度即可。所述缓冲层 1041 的材料可与基底 100 的材料相同或不同。

[0026] 本实施例中,采用 MOCVD 工艺进行外延生长缓冲层 1041。其中,采用高纯氨气(NH_3)作为氮的源气,采用氢气(H_2)作载气,采用三甲基镓(TMGa)或三乙基镓(TEGa)、三甲基铟(TMIIn)、三甲基铝(TMAI)作为 Ga 源、In 源和 Al 源。所述缓冲层 1041 的生长具体包括以下步骤:

首先,将蓝宝石基底 100 置入反应室,加热到 $1100^\circ C \sim 1200^\circ C$,并通入 H_2 、 N_2 或其混合气体作为载气,高温烘烤 200 秒 \sim 1000 秒。

[0027] 其次,继续同入载气,并降温到 $500^\circ C \sim 650^\circ C$,通入三甲基镓或三乙基镓以及氨气,低温生长 GaN 层,所述低温 GaN 层作为继续生长外延层 104 的缓冲层 1041,其厚度 10 纳米 \sim 50 纳米。

[0028] 在步骤 S13 中,所述石墨烯层 102 可以由石墨烯粉末或石墨烯薄膜构成。所述石墨烯粉末为分散的石墨烯颗粒,所述石墨烯薄膜为一连续的单层碳原子层,即单层石墨烯。当所述石墨烯层 102 包括石墨烯粉末时,所述石墨烯粉末需要经过溶液分散、涂覆以及刻蚀等图案化工艺形成图案化的整体结构。当所述石墨烯层 102 包括多个石墨烯薄膜时,该多个石墨烯薄膜可以层叠设置或共面设置。所述石墨烯薄膜可以经过切割或刻蚀等工艺处理形成图案化结构。

[0029] 所述单层石墨烯有着非常独特的性能。首先,单层石墨烯几乎完全透明,大约只吸收 2.3% 的可见光,并可透过大部分红外线;其次,单层石墨烯厚度仅约为 0.34 nm,比表面积的理论值为 $2630 m^2 \cdot g^{-1}$,而实测石墨烯的抗拉强度为 125 GPa,杨氏模量达到了 1.0 TPa;再次,石墨烯薄膜的热导率实测值为 $5300 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$,其载流子迁移率的理论值为 $2 \times 10^5 cm^2 \cdot V^{-1} \cdot s^{-1}$,而其电阻率只有 $1 \times 10^{-6} \Omega \cdot cm$,约为铜的 2/3;最后,在室温下即能观测到石墨烯薄膜具有量子霍尔效应和无散射传输现象。

[0030] 本实施例中,所述石墨烯层 102 为一纯石墨烯结构,即仅包括石墨烯材料。所述石墨烯层 102 的厚度为 1 纳米 \sim 100 微米,比如 1 纳米、10 纳米、200 纳米,1 微米或 10 微米。

可以理解,当所述石墨烯层 102 为单层石墨烯时,所述石墨烯层 102 为一个碳原子厚度。

[0031] 优选地,所述石墨烯层 102 为一图案化结构。当所述石墨烯层 102 设置在所述缓冲层 1041 的远离基板 100 的表面时,使所述缓冲层 1041 的远离基板 100 的表面通过所述石墨烯层 102 部分暴露出来,以便于在该所述缓冲层 1041 暴露出来的部分表面上生长半导体外延层 104,即所述石墨烯层 102 起掩模作用。

[0032] 如图 2~图 4 所示,所述“图案化结构”指所述石墨烯层 102 为一具有多个开口 105 的连续整体结构。当所述石墨烯层 102 设置在所述缓冲层 1041 的远离基板 100 的表面时,使所述缓冲层 1041 的远离基板 100 的表面对应开口 105 的部分暴露出来。所述多个开口 105 的形状不限,可以为圆形、方形、三角形、菱形或矩形等。同一个石墨烯层 102 的多个开口 105 的形状可以相同或不同。所述多个开口 105 从所述石墨烯层 102 的厚度方向贯穿所述石墨烯层 102。所述开口 105 可以为如图 2 所示的微孔或者如图 3 所示的条形的间隙。所述开口 105 为微孔时其孔径(平均孔径)范围为 10 纳米~500 微米,所述开口 105 为间隙时其宽度(平均宽度)范围为 10 纳米~500 微米。以下称为“所述开口 105 的尺寸”是指孔径或间隙宽度的尺寸范围。所述石墨烯层 102 中的微孔和间隙可以同时存在并且两者尺寸可以在上述尺寸范围内不同。所述开口 105 的尺寸可以为 10 纳米~300 微米,比如 10 纳米、1 微米、10 微米、80 微米或 120 微米等。所述开口 105 的尺寸越小,有利于在生长外延层的过程中减少位错等缺陷的产生,以获得高质量的半导体外延层 104。优选地,所述开口 105 的尺寸为 10 纳米~10 微米。进一步地,所述石墨烯层 102 的占空比为 1:100~100:1,如 1:10、1:2、1:4、4:1、2:1 或 10:1。优选地,所述占空比为 1:4~4:1。所谓“占空比”指该石墨烯层 102 设置于所述缓冲层 1041 的远离基板 100 的表面后,该缓冲层 1041 的远离基板 100 的表面被石墨烯层 102 占据的部分与通过开口 105 暴露的部分的面积比。本实施例中,所述开口 105 在所述石墨烯层 102 中均匀分布。

[0033] 所述“图案化结构”也可以为设置于基底 100 表面的多个间隔设置的图案,且相邻两个图案之间形成多个开口 105。当所述石墨烯层 102 设置在所述缓冲层 1041 的远离基板 100 的表面时,使所述缓冲层 1041 的远离基板 100 的表面对应开口 105 的部分暴露出来。如图 5 所示,所述石墨烯层 102 为多个平行且间隔设置的石墨烯条带,相邻的石墨烯条带之间为所述开口 105。

[0034] 所述石墨烯层 102 可以直接生长在所述缓冲层 1041 的远离基板 100 的表面或先制备石墨烯后再转移至所述缓冲层 1041 的远离基板 100 的表面。所述石墨烯粉末可以通过液相剥离法、插层剥离法、剖开碳纳米管法、溶剂热法、有机合成法等方法中的一种或多种制备。所述石墨烯薄膜可以通过化学气相沉积(CVD)法、机械剥离法、静电沉积法、碳化硅(SiC)热解法、外延生长法等方法中的一种或多种制备。

[0035] 本实施例中,参见图 5,所述石墨烯层 102 为多个间隔设置的条形石墨烯层 102,且每个条形石墨烯为多个石墨烯粉末组成的整体结构,其制备方法具体包括以下步骤。

[0036] 首先,制备一石墨烯粉末溶液。

[0037] 所述石墨烯粉末可以通过液相剥离法、插层剥离法、剖开碳纳米管法、溶剂热法、有机合成法等方法制备。所述石墨烯粉末溶液的溶剂可以为水、乙醇、N-甲基吡咯烷酮、四氢呋喃以及 2-氮甲基乙酰胺中的一种或多种。所述石墨烯粉末溶液的浓度为 1 毫克/毫升~3 毫克/毫升。

[0038] 其次,在缓冲层 1041 的远离基板 100 的表面形成连续的石墨烯涂层。

[0039] 本实施例,将石墨烯粉末溶液滴到缓冲层 1041 的远离基板 100 的表面,并进行甩膜旋涂处理,从而得到连续的石墨烯涂层。所述甩膜旋涂的转速为 3000 转 / 分钟 ~ 5000 转 / 分钟,所述甩膜旋涂的时间为 1 分钟 ~ 2 分钟。

[0040] 最后,将该连续的石墨烯涂层图案化。

[0041] 所述将该连续的石墨烯涂层图案化方法包括光催化二氧化钛切割法、离子束刻蚀法、原子力显微镜刻蚀法、以及等离子体刻蚀法中的一种或多种。

[0042] 本实施例中,通过光催化二氧化钛切割连续的石墨烯涂层,具体包括以下步骤:(a) 制备一图案化的金属钛层;(b) 将该图案化的金属钛层加热氧化得到一图案化的二氧化钛层;(c) 将该图案化的二氧化钛层与连续的石墨烯涂层接触,并采用紫外光照射该图案化的二氧化钛层;以及(d) 去除图案化的二氧化钛层。可以理解,该方法中,得到的石墨烯层 102 的图案与所述二氧化钛层的图案相互啮合,即所述连续的石墨烯涂层与二氧化钛层对应的地方被去除。

[0043] 所述步骤(a)中,所述图案化的金属钛层可以通过掩模蒸镀法或光刻曝光法制备形成在一石英基底表面。所述石英基底的厚度为 300 微米 ~ 1000 微米,所述金属钛层的厚度为 3 纳米 ~ 10 纳米。本实施例中,所述石英基底的厚度为 500 微米,所述金属钛层的厚度为 4 纳米。所述图案化的金属钛层为一具有多个间隔设置的条形开口的连续金属钛层。所述步骤(b)中,将图案化的金属钛层在 500°C ~ 600°C 条件下加热 1 小时 ~ 2 小时。所述步骤(c)中,所述紫外光的波长为 200 纳米 ~ 500 纳米,所述紫外光照射的气氛为空气或氧气,所述紫外光照射的环境湿度为 40% ~ 75%,所述紫外光照射的时间为 30 分钟 ~ 90 分钟。由于二氧化钛为光催化半导体材料,在紫外光照射下会产生电子与空穴的分离。该电子与空穴分别被二氧化钛表面的 Ti(IV) 和晶格氧所捕获,从而具有很强的氧化还原能力。被捕获的电子与空穴很容易氧化还原空气中的氧气和水而形成 O_2 和 H_2O_2 等活性物质,该活性物质可以将石墨烯分解。所述步骤(d)中,通过将石英基底移开去除图案化的二氧化钛层。

[0044] 可以理解,所述步骤(a)中,还可以通过将金属钛直接沉积在一图案化的碳纳米管结构表面。该碳纳米管结构可以为碳纳米管膜,碳纳米管线或其组合。当该碳纳米管结构为多个碳纳米管线时,该多个碳纳米管线可以平行间隔或交叉设置,由于碳纳米管线之间具有微孔或间隙,所以该多个碳纳米管线形成一图案化结构。当该碳纳米管结构为碳纳米管膜时,由于碳纳米管膜中的碳纳米管之间具有微孔或间隙,所以该碳纳米管膜形成一图案化结构。由于金属钛层直接沉积在碳纳米管膜中的碳纳米管表面,所以也形成一图案化结构。所述步骤(b)中,还可以通过给碳纳米管通入电流的方式加热氧化碳纳米管表面的金属钛。所述步骤(c)中,与碳纳米管对应位置的石墨烯被分解去除形成开口 105。即,得到的石墨烯层 102 的图案与所述碳纳米管结构的图案相互啮合。由于碳纳米管的直径仅为 0.5 纳米 ~ 50 纳米,所以可以制备出几十纳米尺寸的开口 105。通过选择碳纳米管的直径可以控制石墨烯层 102 的开口 105 的尺寸。该碳纳米管结构为一自支撑结构。所谓“自支撑”指该碳纳米管结构不需要大面积的载体支撑,而只要相对两边提供支撑力即能整体上悬空而保持自身状态,即将该碳纳米管结构置于(或固定于)间隔特定距离设置的两个支撑体上时,位于两个支撑体之间的碳纳米管结构能够悬空保持自身状态。所述步骤(d)中,由于该碳纳米管结构为一自支撑结构,所以通过将碳纳米管结构移开,可以方便的去图案

化的二氧化钛层。例如,首先,将多个平行间隔设置的碳纳米管线表面沉积金属钛;然后,通过加热将金属钛氧化形成二氧化钛;其次,将该多个平行间隔设置的碳纳米管线设置于连续的石墨烯涂层表面,并采用紫外光照射该多个平行间隔设置的碳纳米管线;最后,将多个平行间隔设置的碳纳米管线去除得到具有多个条形开口的石墨烯层 102。

[0045] 所述碳纳米管膜可以为从碳纳米管阵列中拉取获得自支撑结构。参见图 6 和图 7,具体地,所述碳纳米管膜包括多个连续且定向延伸的碳纳米管片段 143。该多个碳纳米管片段 143 通过范德华力首尾相连。每一碳纳米管片段 143 包括多个相互平行的碳纳米管 145,该多个相互平行的碳纳米管 145 通过范德华力紧密结合。该碳纳米管片段 143 具有任意的长度、厚度、均匀性及形状。所述碳纳米管膜可通过从一碳纳米管阵列中选定部分碳纳米管后直接拉取获得。所述碳纳米管膜的厚度为 1 纳米~100 微米,宽度与拉取出该碳纳米管膜的碳纳米管阵列的尺寸有关,长度不限。所述碳纳米管膜中相邻的碳纳米管之间存在微孔或间隙,且该微孔的孔径或间隙的尺寸小于 10 微米。优选地,所述碳纳米管膜的厚度为 100 纳米~10 微米。该碳纳米管膜中的碳纳米管 145 沿同一方向择优取向延伸。所述碳纳米管膜及其制备方法具体请参见申请人于 2007 年 2 月 9 日申请的,于 2010 年 5 月 26 日公告的第 CN101239712B 号中国公开专利“碳纳米管膜结构及其制备方法”。为节省篇幅,仅引用于此,但上述申请所有技术揭露也应视为本发明申请技术揭露的一部分。请参阅图 8,当多层碳纳米管膜层叠设置时,相邻两层碳纳米管膜中的碳纳米管的延伸方向形成一交叉角度 α ,且 α 大于等于 0 度小于等于 90 度 ($0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$)。

[0046] 所述石墨烯层 102 还可以为一包括石墨烯以及添加材料的复合结构。所述添加材料包括碳纳米管、碳化硅、氮化硼、氮化硅、二氧化硅、无定形碳等中的一种或多种。所述添加材料还可以包括金属碳化物、金属氧化物及金属氮化物等中的一种或多种。所述添加材料可以通过化学气相沉积(CVD)、物理气相沉积(PVD)、磁控溅射等方法形成于石墨烯的表面。

[0047] 可以理解,本实施例中,也可以先对缓冲层 1041 的远离基板 100 的表面进行表面处理形成石墨烯浸润区域与石墨烯不浸润区域,然后涂敷石墨烯层直接形成图案化的石墨烯层 102。所述表面处理的方法为自组装分子法、臭氧处理法、氧等离子处理法、氩等离子处理法、紫外光照法、以及蒸镀法中的一种或多种。

[0048] 所述石墨烯层 102 还可以为一包括石墨烯以及添加材料的复合结构。所述添加材料包括碳纳米管、碳化硅、氮化硼、氮化硅、二氧化硅、无定形碳等中的一种或多种。所述添加材料还可以包括金属碳化物、金属氧化物及金属氮化物等中的一种或多种。所述添加材料可以通过化学气相沉积(CVD)、物理气相沉积(PVD)、磁控溅射等方法形成于石墨烯的表面。

[0049] 以上内容可知,所述石墨烯层 102 起着生长半导体外延层 104 的掩模作用。所谓“掩模”是指该石墨烯层 102 用于遮挡所述缓冲层 1041 的部分表面,且暴露部分缓冲层 1041 的表面,从而使得半导体外延层 104 仅从所述缓冲层 1041 的表面的暴露的部分生长。由于石墨烯层 102 具有多个开口 105,所以该石墨烯层 102 形成一图案化的掩模。由于所述石墨烯层 102 在所述缓冲层 1041 的远离基板 100 的表面形成多个开口 105,从而使得所述缓冲层 1041 的远离基板 100 的表面上具有一图案化的掩模。可以理解,相对于光刻等微电子工艺,通过设置石墨烯层 102 作为掩模进行外延生长的方法工艺简单、成本低廉,不易在基底

100 的外延生长面 101 引入污染,而且绿色环保。

[0050] 可以理解,所述基底 100、缓冲层 1041 和石墨烯层 102 共同构成了用于生长异质外延结构的衬底。该衬底可用于生长外延层 104,如半导体外延层、金属外延层或合金外延层。该衬底也可用于生长同质外延层,从而得到一同质外延结构。

[0051] 步骤 S14 中,所述外延层 104 的生长方法可以分别通过分子束外延法(MBE)、化学束外延法(CBE)、减压外延法、低温外延法、选择外延法、液相沉积外延法(LPE)、金属有机气相外延法(MOVPE)、超真空化学气相沉积法(UHV CVD)、氢化物气相外延法(HVPE)、以及金属有机化学气相沉积法(MOCVD)等中的一种或多种实现,所述外延层 104 的材料可以与缓冲层 1041 的材料相同或者不同。

[0052] 所述外延层 104 的生长的厚度可以根据需要制备。具体地,所述外延层 104 的生长的厚度可以为 0.5 纳米~1 毫米。例如,所述外延层 104 的生长的厚度可以为 100 纳米~500 微米,或 200 纳米~200 微米,或 500 纳米~100 微米。所述外延层 104 的材料为半导体材料,如 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。可以理解,所述外延层 104 的材料也可以为金属或合金等其他材料,只要保证所述材料可用上述生长方法如 MBE、CBE、MOVPE 等方法生长即可。

[0053] 本实施例中,生长所述外延层 104 时采用的所述石墨烯层 102 为一图案化的单层石墨烯薄膜。所述外延层 104 的制备方法为,在生长完缓冲层 1041 的工艺条件下,将设置有石墨烯层 102 及缓冲层 1041 的基底 100 的温度保持在 1000℃~1100℃,持续通入氨气和载气,同时通入三甲基镓或三乙基镓,在高温下生长出高质量的外延层 104。具体的,参见图 9 所述外延层 104 的制备方法包括以下步骤:

S141:沿着基本垂直于所述缓冲层 1041 表面的方向成核并外延生长形成多个外延晶粒 1042;

S142:所述多个外延晶粒 1042 沿着基本平行于所述缓冲层 1041 表面的方向外延生长形成一连续的外延薄膜 1044;

S143:所述外延薄膜 1044 沿着基本垂直于所述缓冲层 1041 表面的方向外延生长形成一外延层 104。

[0054] 在步骤 S141,由于石墨烯层 102 设置于所述缓冲层 1041 表面,因此外延晶粒仅从所述缓冲层 1041 暴露的部分生长,即外延晶粒从石墨烯层 102 的开口 105 处生长出来。

[0055] 在步骤 S142 中,通过控制生长条件使所述多个外延晶粒 1042 沿着基本平行于所述基底 100 的外延生长面 101 的方向同质外延生长并连成一体将所述石墨烯层 102 覆盖。即,该步骤中所述多个外延晶粒 1042 进行侧向外延生长直接合拢,并最终形成多个凹槽 1043 将石墨烯层 102 包围。所述凹槽 1043 的形状与石墨烯层 102 的图案有关。

[0056] 步骤 S143 中,由于所述石墨烯层 102 的存在,使得外延晶粒 1042 与基底 100 之间的晶格位错在形成连续的外延薄膜 1044 的过程中停止生长。因此,该步骤的外延层 104 相当于在没有缺陷的外延薄膜 1044 表面进行同质外延生长。

[0057] 步骤 S15 中,所述基底 100 的去除方法可为激光照射法、腐蚀法或温差自剥离法。所述去除方法可根据基底 100 以及外延层 104 材料的不同进行选择。

[0058] 本实施例中,所述基底 100 的去除方法为激光照射法。具体的,所述去除方法包括

以下步骤：

S151, 将所述基底 100 中未生长外延层 104 的表面进行抛光并清洗；

S152, 将经过表面清洗的基底 100 放置于一平台(图未示)上, 并利用激光对所述基底 100 与外延层 104 进行扫描照射；

S153, 将经激光照射后的基底 100 浸入溶液中去掉所述基底 100, 形成所述具有微构造的外延结构体 10。

[0059] 在步骤 S151 中, 所述抛光方法可为机械抛光法或化学抛光法, 使所述基底 100 的表面平整光滑, 以减少后续激光照射中激光的散射。所述清洗可用盐酸、硫酸等冲洗所述基底 100 的表面, 从而去除表面的金属杂质以及油污等。

[0060] 在步骤 S152 中, 所述激光从基底 100 抛光后的表面入射, 且入射方向基本垂直于所述基底 100 抛光后的表面, 即基本垂直于所述基底 100 与外延层 104 的界面。所述激光的波长不限, 可根据缓冲层 1041 以及基底 100 的材料选择。具体的, 所述激光的能量小于基底 100 的带隙能量, 而大于缓冲层 1041 的带隙能量, 从而激光能够穿过基底 100 到达缓冲层 1041, 在缓冲层 1041 与基底 100 的界面处进行激光剥离。所述界面处的缓冲层 1041 对激光产生强烈的吸收, 从而使得界面处的缓冲层 1041 温度快速升高而分解。本实施例中所述外延层 104 为 GaN, 其带隙能量为 3.3eV; 基底 100 为蓝宝石, 其带隙能量为 9.9eV; 所述激光器为 KrF 激光器, 发出的激光波长为 248nm, 其能量为 5eV, 脉冲宽度为 20 ~ 40ns, 能量密度为 400 ~ 600mJ/cm², 光斑形状为方形, 其聚焦尺寸为 0.5mm×0.5mm; 扫描位置从所述基底 100 的边缘位置开始, 扫描步长为 0.5mm/s。在扫描的过程中, 所述 GaN 缓冲层 1041 开始分解为 Ga 和 N₂。可以理解, 所述脉冲宽度、能量密度、光斑形状、聚焦尺寸以及扫描步长可根据实际需求进行调整; 可根据缓冲层 1041 对特定波长的激光具有较强的吸收作用选择相应波长的激光。

[0061] 由于所述 GaN 缓冲层 1041 对上述波长的激光具有很强的吸收作用, 因此, 所述缓冲层 1041 的温度快速升高而分解; 而所述外延层 104 对上述波长的激光吸收较弱或不吸收, 因此所述外延层 104 并不会被所述激光所破坏。可以理解, 对于不同的缓冲层 1041 可以选择不同波长的激光, 使缓冲层 1041 对激光具有很强的吸收作用。

[0062] 所述激光照射的过程在一真空环境或保护性气体环境进行以防止在激光照射的过程中石墨烯层 102 被氧化而破坏。所述保护性气体可以为氮气、氦气或氩气等惰性气体。

[0063] 在步骤 S153 中, 可将激光照射后的基底 100 及外延层 104 浸入一酸性溶液中, 以去除 GaN 分解后的 Ga, 从而实现基底 100 与外延层 104 的剥离, 形成所述具有微构造的外延结构体 10。所述溶液可为盐酸、硫酸、硝酸等可溶解 Ga 的溶剂。由于缓冲层 1041 的存在, 一方面, 所述缓冲层 1041 设置在石墨烯层 102 与基底 100 之间, 将所述石墨烯层 102 与基底 100 隔离开, 因此在剥离基底 100 的过程中, 所述石墨烯层 102 不会直接吸附于基底 100 上而从外延层 104 中剥离; 另一方面, 在激光照射缓冲层 1041 的过程中, 所述缓冲层 1041 受热分解并经溶液溶解后, 石墨烯层 102 会与所述缓冲层 1041 脱离, 从而使得所述石墨烯层 102 保留于凹槽 1043 中。进一步的, 在缓冲层 1041 受热分解的过程中, 缓冲层 1041 分解产生的气体受热膨胀, 会将石墨烯层 102 推离所述缓冲层 1041 与基底 100, 从而使得石墨烯层 102 更容易与缓冲层 1041 分离。

[0064] 由于石墨烯层 102 的存在, 使外延层 104 与缓冲层 1041 之间的接触面积减小, 从

而减小了生长过程中外延层 104 与缓冲层 1041 之间的应力。因此,在激光照射去除基底 100 的过程中,使得缓冲层 1041 及基底 100 的剥离更加的容易,也减小了对外延层 104 的损伤。

[0065] 所述 S15 步骤结束后得到一具有微构造的外延结构体 10,其包括一外延层 104 及一石墨烯层 102,所述外延层 104 一表面具有多个凹槽 1043,所述石墨烯层 102 设置于该外延层 104 的图案化的表面,并嵌入该外延层 104 的多个凹槽 1043。

[0066] 如图 10 及图 11 所示,本发明进一步提供一种由上述方法制备的具有微构造的外延结构体 10,所述具有微构造的外延结构体 10 包括一外延层 104 及一石墨烯层 102,所述外延层 104 一表面具有多个凹槽 1043 及多个凸起 1045 以形成一图案化表面,所述石墨烯层 102 为具有多个开口 105 的连续的整体结构体,所述石墨烯层 102 设置于该外延层 104 的图案化的表面,并嵌入该外延层 104 的多个凹槽 1043 中,所述外延层 104 的多个凸起 1045 由所述石墨烯层 102 的多个开口 105 露出。

[0067] 所述具有微构造的外延结构体 10 是指所述外延层 104 表面具有由多个凹槽 1043 和多个凸起 1045 间隔形成的微结构,所述微结构是在外延层 104 生长过程中,外延层 104 从石墨烯层 102 中的开口位置生长,之后围绕石墨烯层 102 进行侧向外延生长所形成,将基底 100 剥离后,在所述外延层 104 的表面形成多个凹槽 1043 和多个凸起 1045。

[0068] 本实施例提供的具有微构造的外延结构体,由于所述石墨烯层 102 直接暴露于外延层 104 的表面,因此所述石墨烯层 102 可以直接作为具有微构造的外延结构体 10 的大面积电极,从而可以改善具有微构造的外延结构体 10 中的电场分布及电流走向,进而提高具有微构造的外延结构体 10 的工作效率。

[0069] 本发明第二实施例提供另一种具有微构造的外延结构体 10 的制备方法,具体包括以下步骤:

S21,提供一基底 100,且该基底 100 具有一支持外延层 104 生长的外延生长面 101;

S22,在基底 100 的外延生长面 101 生长一缓冲层 1041;

S23,在所述缓冲层 1041 的远离基底 100 的表面平铺一石墨烯层 102;

S24,在设置有石墨烯层 102 的缓冲层 1041 表面生长外延层 104;

S25,将基底浸入腐蚀溶液中,剥离所述基底 100,得到所述具有微构造的外延结构体 10。

[0070] 本发明第二实施例的具有微构造的外延结构体 10 的制备方法与第一实施例的制备方法基本相同,其区别在于,本实施例中所述基底 100 的材料为 SiC,外延生长面 101 上生长的缓冲层 1041 为 AlN 或 TiN,外延层 104 为 GaN,并且所述去除方法为腐蚀法。本发明第二实施例中采用单层石墨烯薄膜制备石墨烯层 202 制备石墨烯层 102,其制备方法包括以下步骤。

[0071] 具体的,在步骤 S23 中,该石墨烯层 102 的制备方法包括以下步骤:

首先,制备一单层石墨烯薄膜。

[0072] 本实施例中,采用 CVD 法制备单层石墨烯薄膜,具体包括以下步骤:(a1) 提供一衬底;(b1) 在衬底上沉积金属催化剂层;(c1) 对金属催化剂层进行退火处理;以及 (d1) 在碳源气氛中生长单层石墨烯薄膜。

[0073] 所述步骤 (a1) 中,所述衬底可以为铜箔或 Si/SiO₂。本实施例中,所述衬底为 Si/SiO₂。所述 Si 层的厚度为 300 微米~1000 微米,所述 SiO₂ 层的厚度为 100 纳米~500 纳米。

优选地,所述 Si 层的厚度为 600 微米,所述 SiO₂ 层的厚度为 300 纳米。所述步骤 (b1) 中,所述金属催化剂层的材料包括镍、铁、金等,所述金属催化剂层的厚度为 100 纳米~800 纳米。所述金属催化剂层可以通过化学气相沉积(CVD)、物理气相沉积(PVD)、磁控溅射或电子束蒸镀等方法制备。本实施例中,采用电子束蒸镀法在 SiO₂ 层表面沉积一厚度为 500 纳米的金属镍。所述步骤 (c1) 中,所述退火温度为 900℃~1000℃;所述退火的气氛为氩气和氢气混合气体,其中氩气的流量为 600sccm,氢气的流量为 500sccm;所述退火时间为 10 分钟~20 分钟。所述步骤 (d1) 中,所述生长温度为 900℃~1000℃;所述碳源气为甲烷;所述生长时间为 5 分钟~10 分钟。

[0074] 其次,将该单层石墨烯薄膜转移至所述缓冲层 1041 的远离基底 100 的表面。

[0075] 本实施例中,具体包括以下步骤:(a2) 在单层石墨烯薄膜表面涂覆有机胶体或聚合物作为支撑体;(b2) 对涂覆有机胶体或聚合物的单层石墨烯薄膜烘烤坚膜;(c2) 将坚膜后的单层石墨烯薄膜以及 Si/SiO₂ 衬底一起浸泡在去离子水中使金属催化剂层和 SiO₂ 层分离;(d2) 将分离后的支撑体/单层石墨烯薄膜/金属催化剂层复合结构去除金属催化剂层;(e2) 将支撑体/单层石墨烯薄膜复合结构设置在外延生长面 101,并加热使单层石墨烯薄膜与所述缓冲层 1041 牢固结合;以及 (f2) 去除支撑体。

[0076] 所述步骤 (a2) 中,所述支撑体的材料为聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)、聚二甲基硅氧烷、光刻正胶 9912、光刻胶 AZ5206 中的一种或多种。所述步骤 (b2) 中,所述烘烤的温度为 100℃~185℃。所述步骤 (c2) 中,浸泡在去离子水中之后,对所述金属催化剂层和 SiO₂ 层进行超声处理。所述步骤 (d2) 中,通过化学液腐蚀去除金属催化剂层,该化学液可以为硝酸、盐酸、氯化铁 (FeCl₃)、硝酸铁 (Fe(NO₃)₃) 等。所述步骤 (f2) 中,去除支撑体的方法为先用丙酮和乙醇浸泡,然后在保护气体中加热到约 400℃。

[0077] 最后,将该单层石墨烯薄膜图案化。

[0078] 所述将该单层石墨烯薄膜图案化方法包括光催化二氧化钛切割法、离子束刻蚀法、原子力显微镜刻蚀法、以及等离子体刻蚀法中的一种或多种。本实施例中,先将一阳极氧化铝模板 (Anodic Aluminum Oxide Template) 设置于该单层石墨烯薄膜表面,然后通过等离子体刻蚀法将该单层石墨烯薄膜图案化。其中,所述阳极氧化铝模板具有多个成阵列排布的微孔,与阳极氧化铝模板微孔对应处的单层石墨烯薄膜被等离子体刻蚀去除,从而得到的石墨烯层 102 为一具有多个微孔的连续单层石墨烯薄膜。

[0079] 在步骤 S24 中,将所述生长有外延层 104 的基底 100 浸入到相应的腐蚀溶液中,使得所述缓冲层 1041 在溶液中溶解,从而实现基底 100 的分离。所述溶液可根据缓冲层 1041 以及外延层 104 的材料进行选择,即所述溶液可溶解缓冲层 1041 而不能溶解外延层 104。所述溶液可为 NaOH 溶液、KOH 溶液、NH₄OH 溶液等,本实施例中,所述溶液为 KOH 溶液。所述 KOH 溶液的质量浓度可为 30%~50%,浸入时间为 2 分钟~10 分钟,使得 KOH 溶液浸入到外延层 104 的凹槽 1043 中,逐渐腐蚀掉 AlN 缓冲层,使得 SiC 基底脱落。由于石墨烯层 102 与凹槽 1043 部分接触,石墨烯具有较强的吸附作用,因此在缓冲层 1041 腐蚀的过程中,所述 AlN 逐渐在 KOH 溶液中溶解而从石墨烯层 102 表面脱离,从而使所述石墨烯层 102 吸附于凹槽 1043 中,得到所述具有微构造的外延结构体 10。可以理解,所述缓冲层 1041 以及溶液的材料不限于以上所举,只要保证溶液能够溶解缓冲层 1041 而不能溶解外延层 104 即可。如当所述缓冲层为 TiN 时,所述溶液可为硝酸。

[0080] 进一步的,所述腐蚀法中,也可以直接将基底 100 溶解去除,从而在溶解的过程中,所述缓冲层 1041 以及基底 100 能够同时被溶解,使得石墨烯层 102 暴露于外延层 104 的表面。可以理解,如果直接将基底 100 溶解去除,也可以省去生长缓冲层的步骤。

[0081] 所述腐蚀法中,由于石墨烯层 102 的存在,石墨烯层 102 与缓冲层 1041 之间存在多个凹槽或间隙,从而能够使相应的溶液均匀的分散到缓冲层 1041 中将缓冲层 1041 溶解而实现快速的剥离,能够更好保持所述具有微构造的外延结构体的剥离表面的平整和光滑。

[0082] 请参阅图 12 及 13,为本发明第二实施例制备获得的具有微构造的外延结构体 10,其包括:一外延层 104 及一石墨烯层 102。本发明第二实施例中的具有微构造的外延结构体 10 与第一实施例的其区别在于,本发明第二实施例的石墨烯层 102 为一图案化的单层石墨烯薄膜。

[0083] 本发明第三实施例提供一种具有微构造的外延结构体 10 的制备方法,具体包括以下步骤:

S31,提供一基底 100,且该基底 100 具有一支持外延层 104 生长的外延生长面 101;

S32,在基底 100 的外延生长面 101 生长一缓冲层 1041;

S33,在所述缓冲层 1041 的远离基底 100 的表面平铺一石墨烯层 102;

S34,在设置有石墨烯层 102 的缓冲层 1041 表面生长外延层 104;

S35,对所述生长有外延层 104 的基底 100 降温,剥离所述基底 100,得到所述具有微构造的外延结构体 10。

[0084] 本发明第三实施例的具有微构造的外延结构体 10 的制备方法与第一实施例的半导体层的制备方法基本相同,其区别在于,在步骤 S33 中,直接将石墨烯粉末分散在缓冲层 1041 表面。在步骤 S35 中,所述剥离方法为温差分离法。所述温差分离法为在高温生长 GaN 完成之后,将所述高温的基底 100 的温度在 2min ~ 20min 的时间内,快速的降低到 200℃ 以下,利用外延层 104 与基底 100 之间的由于热膨胀系数的不同而产生的应力将二者分离。可以理解,该方法中也可以通过给石墨烯层 102 通入电流的方式加热外延层 104 与基底 100,再降温从而实现剥离。在剥离基底 100 的过程中,所述石墨烯层 102 吸附于凹槽 1043 中而不会脱落。这是因为一方面所述石墨烯层 102 为一整体结构,其与凹槽 1043 之间存在接触;另一方面,所述石墨烯层 102 嵌入外延层 104 中,凹槽 1043 将石墨烯层 102 半包围起来;第三,所述基底 100 可沿着平行于外延层 104 图案化表面的方向剥离,使得石墨烯层 102 保留于凹槽 1043 中。进一步的,在所述外延层 104 从基底 100 上分离之后,可包括一在外延层 104 的表面继续侧向生长外延层的步骤。所述进一步生长外延层的步骤可以减少在基底 100 分离的过程中,外延层 104 上产生裂纹。

[0085] 如图 14 所示,本发明第四实施例提供一种具有微构造的外延结构体 20 的制备方法,主要包括以下步骤:

S41,提供一基底 100,且该基底 100 具有一支持外延层 104 生长的外延生长面 101;

S42,在基底 100 的外延生长面 101 生长一缓冲层 1041;

S43,在所述缓冲层 1041 的远离基底 100 的表面平铺一第一石墨烯层 202;

S44,在设置有第一石墨烯层 202 的缓冲层 1041 表面生长第一外延层 204;

S45,在所述外延层 104 远离基底 100 的表面进一步设置一第二石墨烯层 302;

S46, 在所述第一外延层 204 远离基底 100 的表面进一步生长一第二外延层 304;

S47, 剥离所述基底 100, 得到所述具有微构造的外延结构体 20。

[0086] 本发明第四实施例提供的具有微构造的外延结构体 10 的制备方法与第一实施例基本相同, 其不同在于, 在所述第一外延层 204 远离缓冲层 1041 的表面进一步铺设一第二石墨烯层 302 的步骤 S45, 以及进一步生长一第二外延层 304 的步骤 S46。所述第二石墨烯层 302 与第一外延层 204 接触设置, 并且所述第二外延层 304 覆盖所述第二石墨烯层 302 生长, 将第二石墨烯层 302 夹持于第一外延层 204 以及第二外延层 304 之间, 并使第二石墨烯层 302 嵌入所述第二外延层 304 中。由于第二石墨烯层 302 的存在, 所述第二外延层 304 靠近第一外延层 204 的表面形成多个凹槽 1043, 所述第二石墨烯层 302 设置于该凹槽 1043 内。所述多个凹槽 1043 在第二外延层 304 的表面形成一“图案化”的结构, 且所述第二外延层 304 的图案化表面与图案化第二石墨烯层 302 中的图案基本相同。所述第二石墨烯层 302 与第二外延层 304 分别与所述第一石墨烯层 202 以及第一外延层 204 的结构基本相同, 所述第二外延层 304 的材料可以与第一外延层 204 相同或不同。可以理解, 还可以在所述第二外延层 304 的表面继续设置石墨烯层, 并进一步生长外延层, 从而形成具有多个外延层以及多个石墨烯层的复合结构。所述多个外延层的材料可以相同也可以不同, 且多个石墨烯层可以作为不同的电极, 使所述具有微构造的外延结构体可以方便的应用于不同的电子器件。

[0087] 本发明采用一石墨烯层作为掩模设置于所述基底外延生长面生长外延层具有以下有以效果:

第一, 所述石墨烯层可直接铺设或转移在基底的外延生长面, 相对于现有技术通过沉积后再光刻等工艺形成掩模, 本发明工艺简单, 成本低廉, 有利于量产。

[0088] 第二, 所述石墨烯层为图形化结构, 其厚度、开口尺寸均可达到纳米级, 所述衬底用来生长外延层时形成的异质外延晶粒具有更小的尺寸, 有利于减少位错缺陷的产生, 以获得高质量的异质外延层。

[0089] 第三, 所述石墨烯层的开口尺寸为纳米级, 所述外延层从与纳米级开口对应的暴露的外延生长面生长, 使得生长的外延层与基底之间的接触面积减小, 减小了生长过程中外延层与衬底之间的应力, 从而可以生长厚度较大的异质外延层, 可进一步提高异质外延层的质量; 同时, 由于石墨烯层具有多个开口, 减小了外延层与缓冲层之间的接触面积, 因此, 在剥离基底的过程中, 使得基底的剥离更加的容易, 也减小了对外延层的损伤。

[0090] 另外, 本领域技术人员还可在本发明精神内作其它变化, 当然这些依据本发明精神所作的变化, 都应包含在本发明所要求保护的范围内。

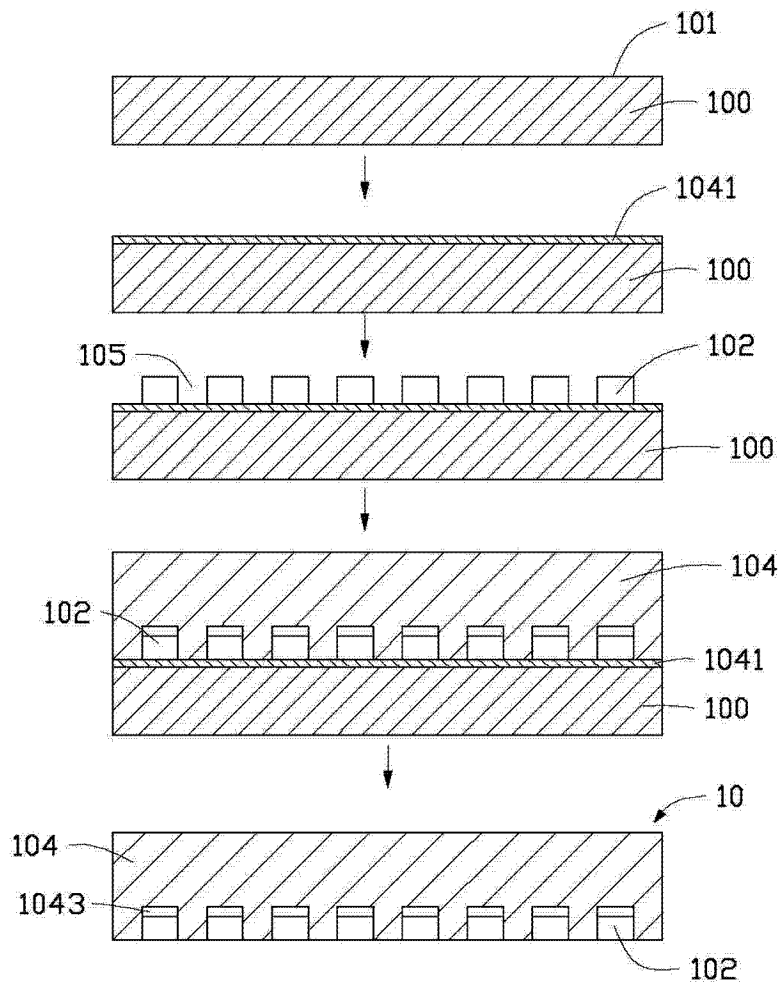


图 1

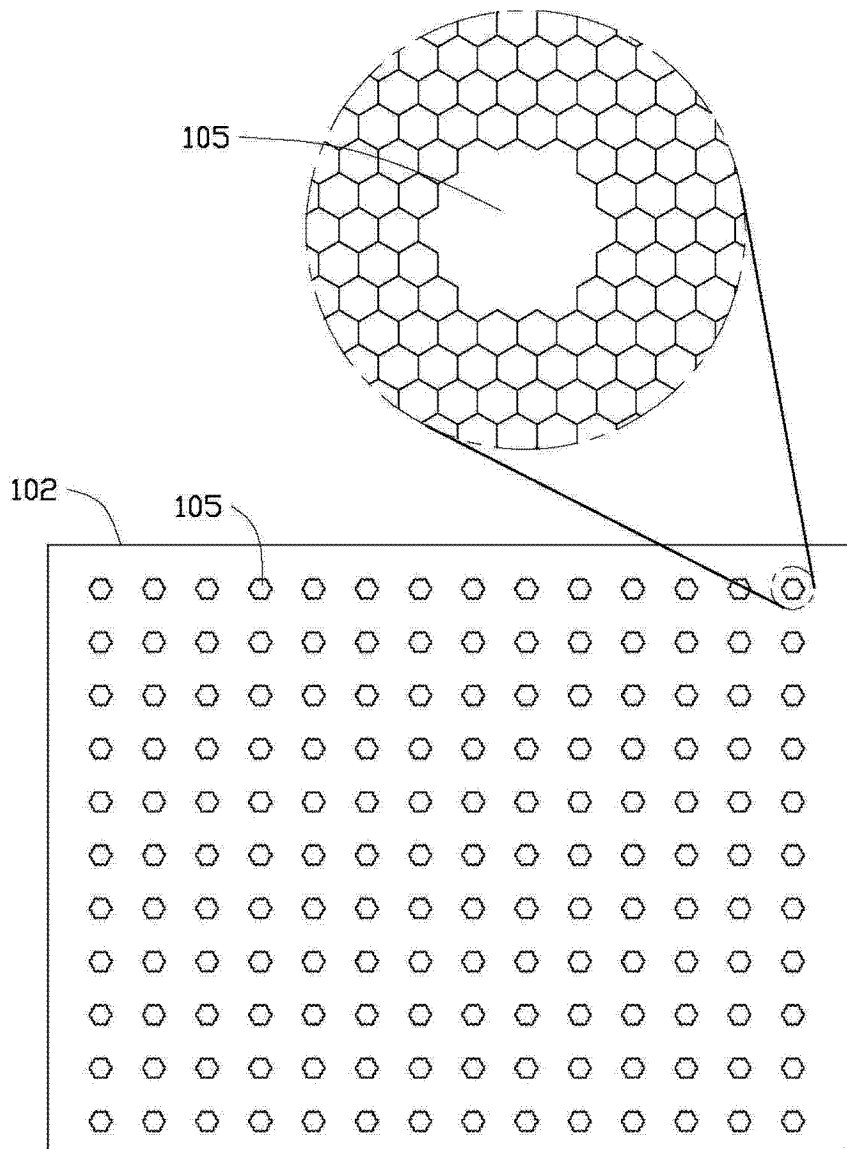


图 2

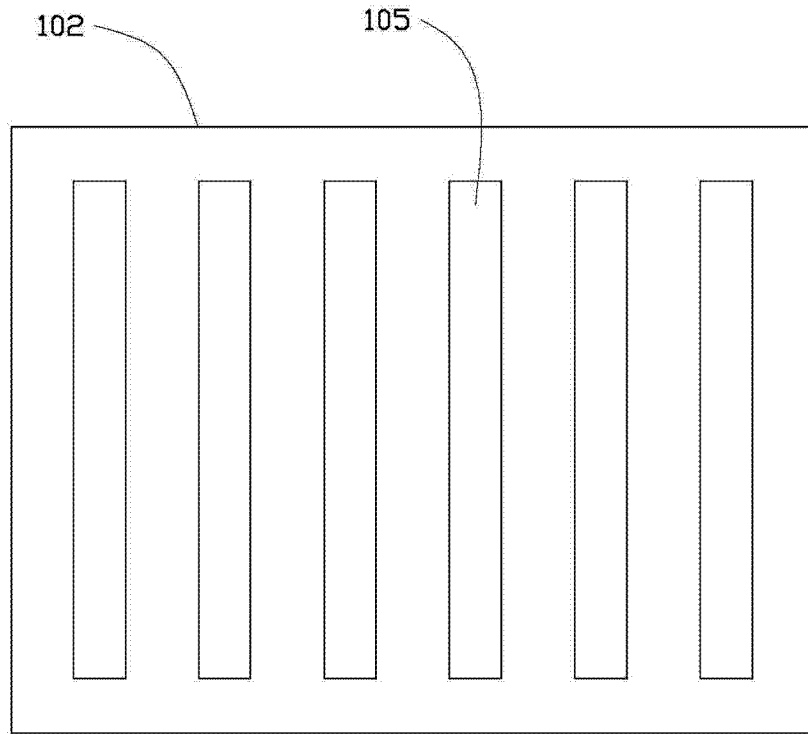


图 3

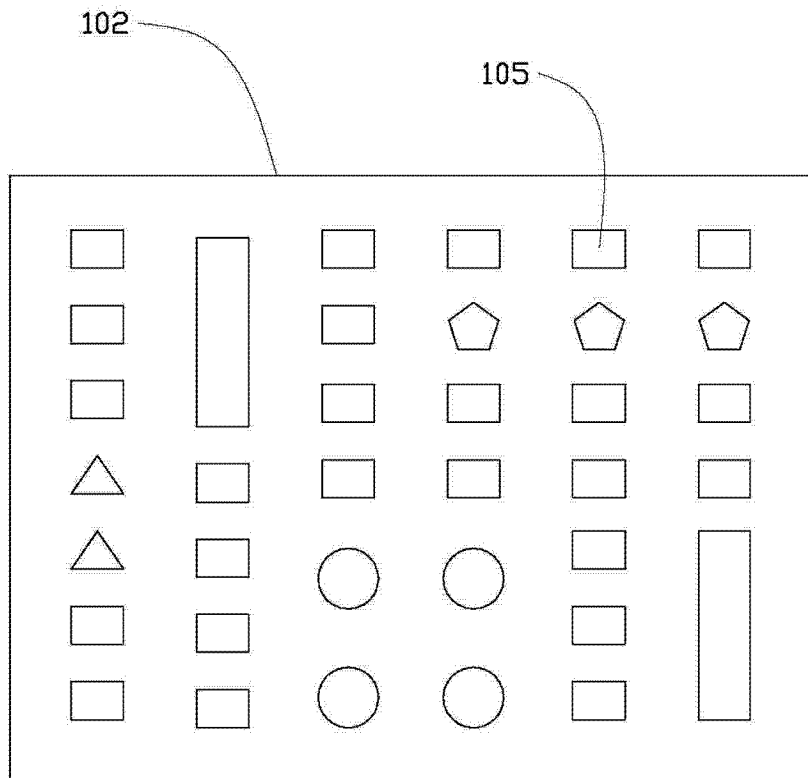


图 4

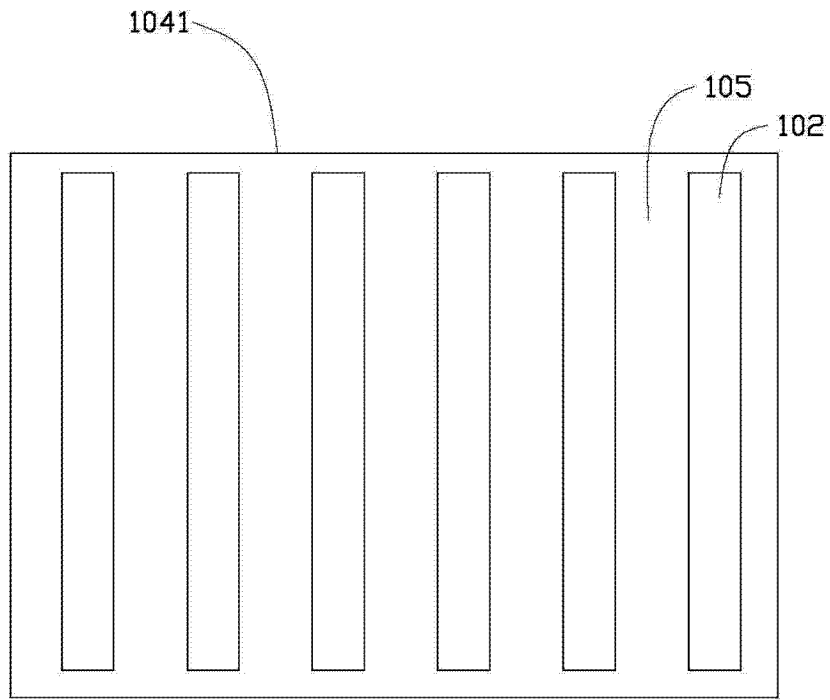


图 5

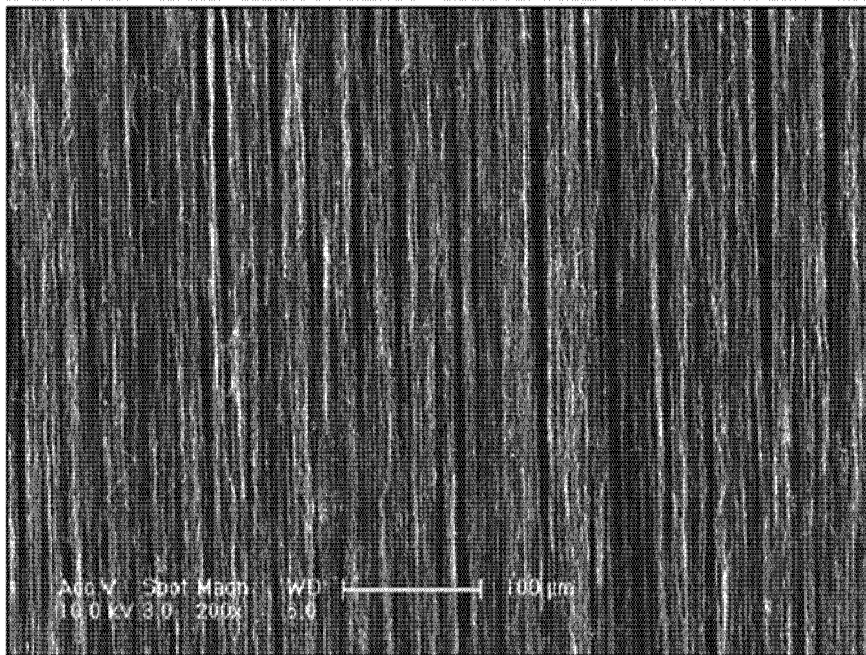


图 6

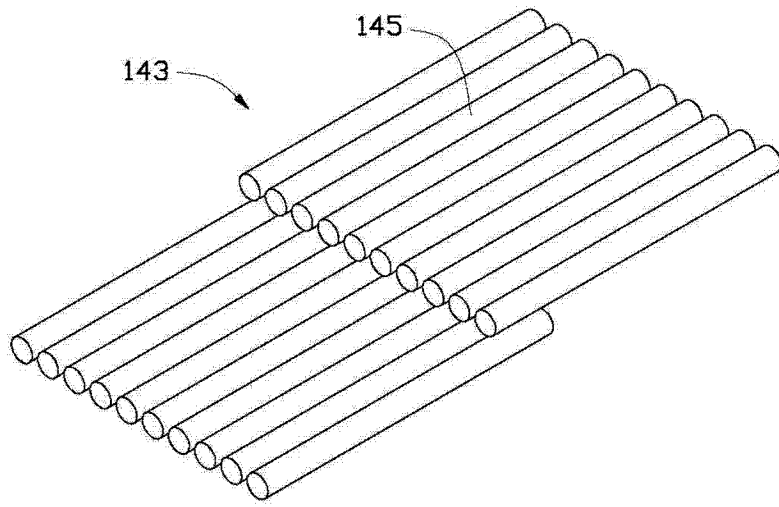


图 7

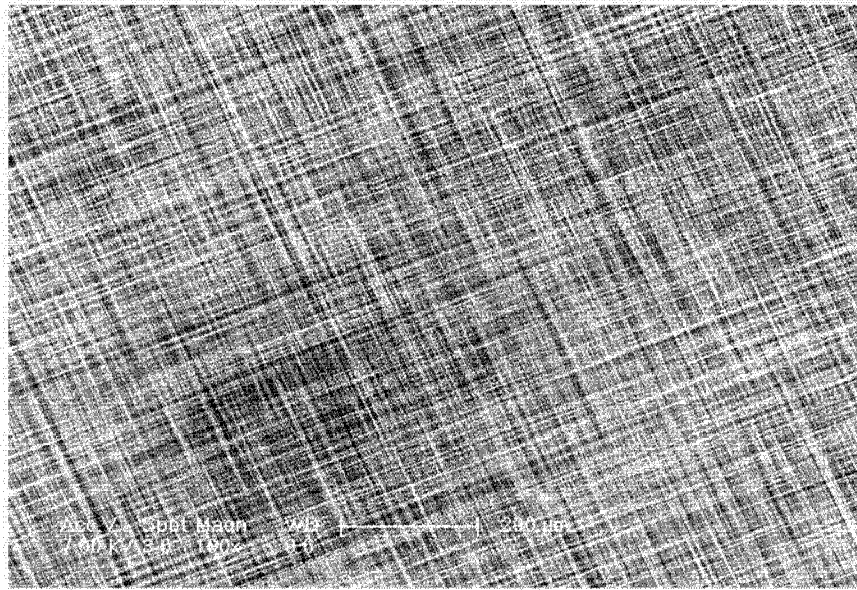


图 8

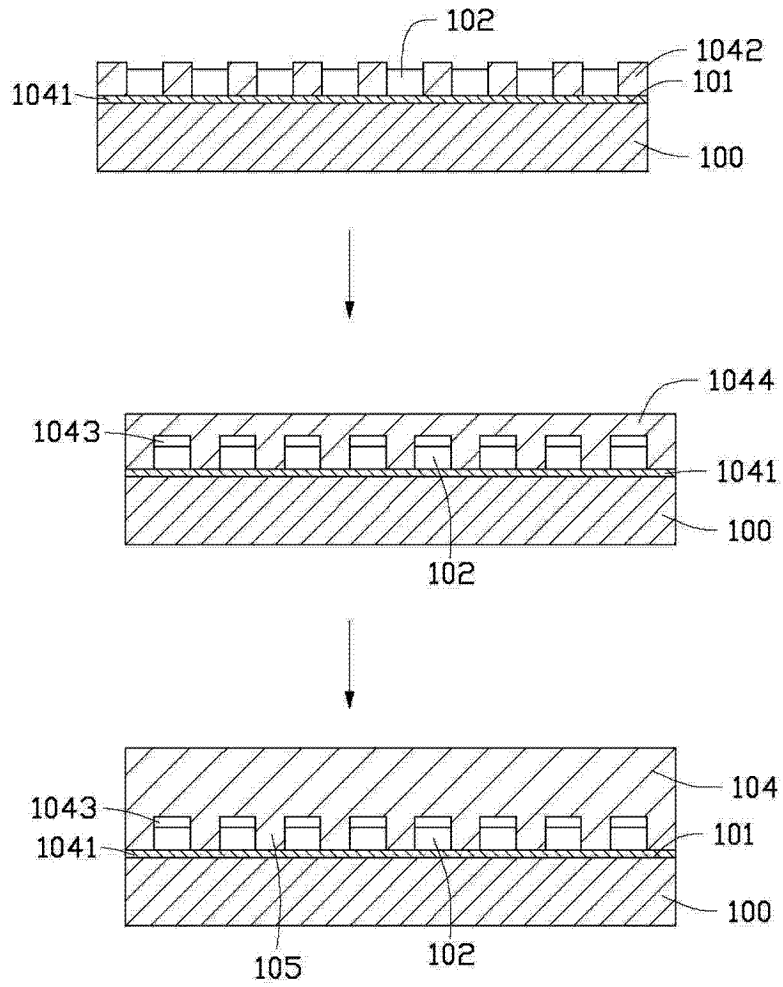


图 9

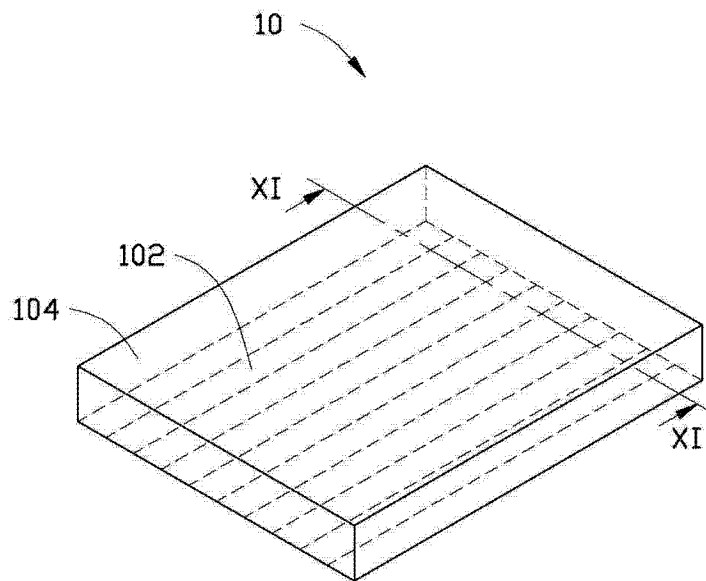


图 10

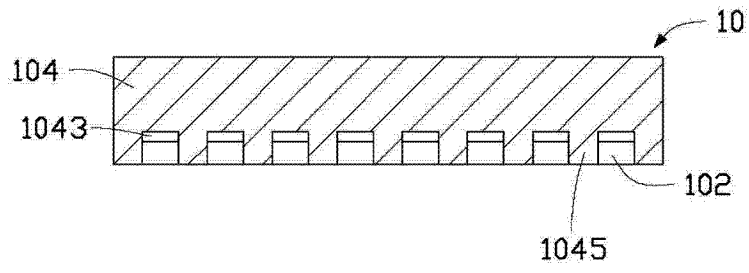


图 11

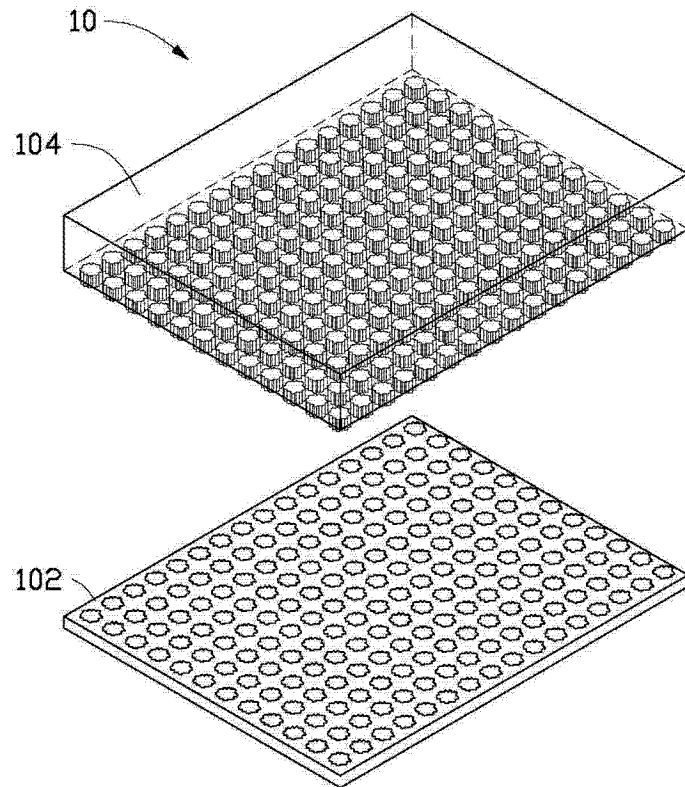


图 12

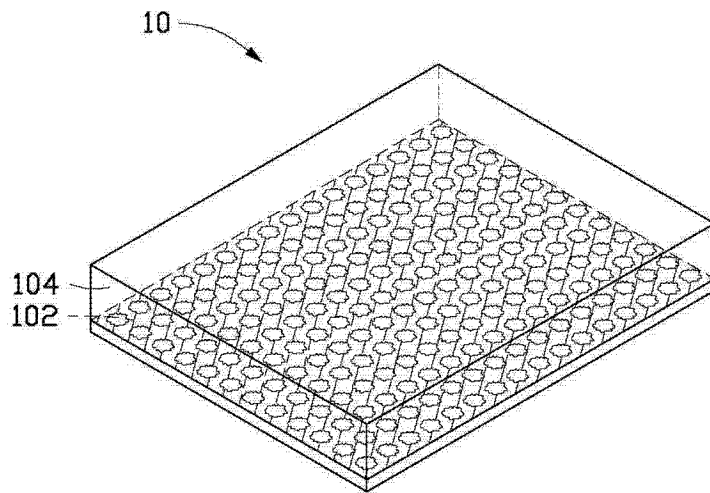


图 13

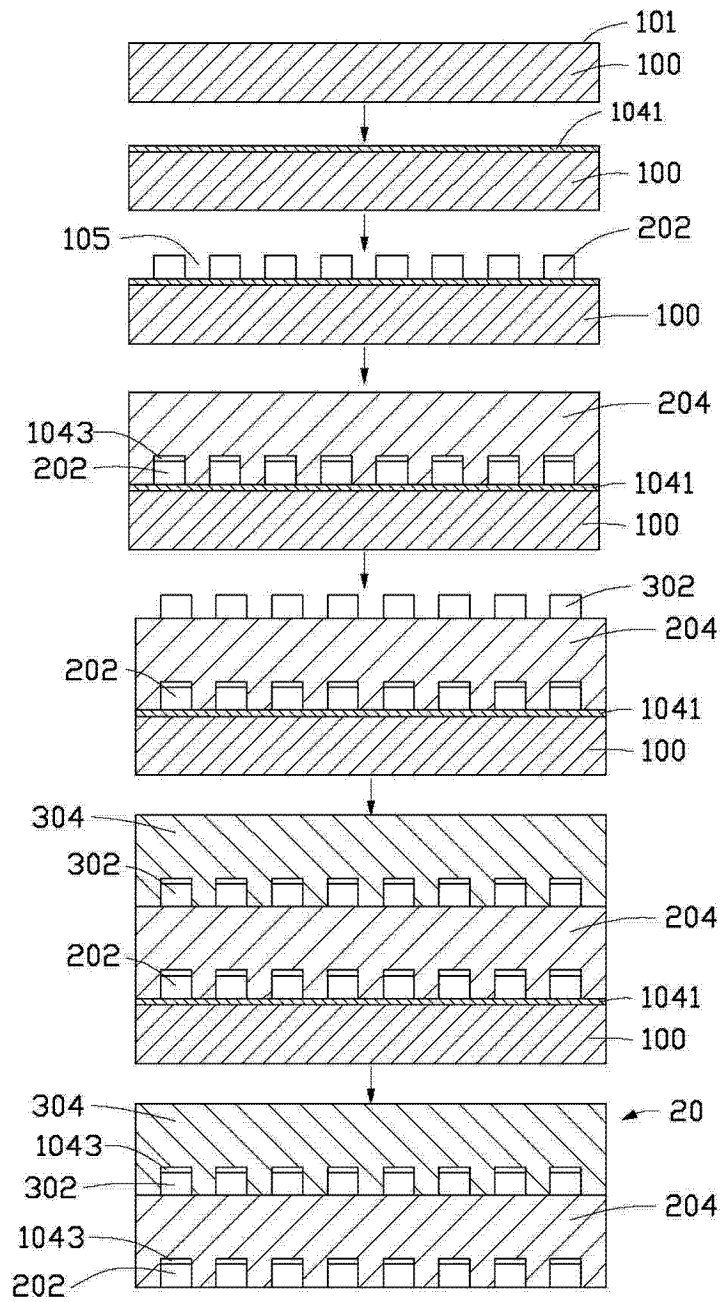


图 14