

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102259832 A

(43) 申请公布日 2011. 11. 30

(21) 申请号 201010184792. 4

(22) 申请日 2010. 05. 27

(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 朱振东 李群庆 范守善

(51) Int. Cl.

B82B 3/00 (2006. 01)

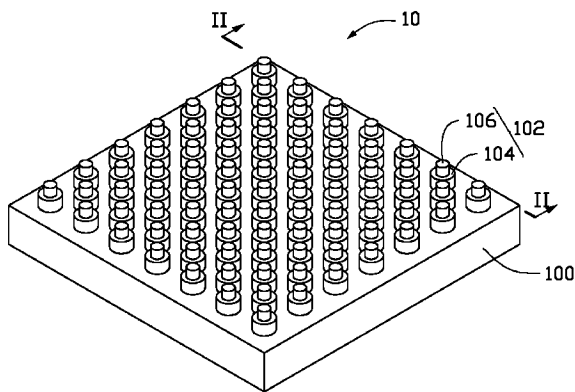
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 7 页

(54) 发明名称

三维纳米结构阵列的制备方法

(57) 摘要

本发明涉及一种三维纳米结构阵列的制备方法,其包括以下步骤:提供一基底;在该基底一表面形成掩膜层;采用反应性刻蚀气氛对基底进行刻蚀同时对所述掩膜层进行裁剪,形成阶梯状结构的三维纳米结构阵列;以及去除掩膜层。



1. 一种三维纳米结构阵列的制备方法,其包括以下步骤:
提供一基底;
在该基底一表面形成掩膜层;
采用反应性刻蚀气氛对基底进行刻蚀同时对所述掩膜层进行裁剪,形成阶梯状结构的三维纳米结构阵列;以及
去除掩膜层。
2. 如权利要求 1 所述的三维纳米结构阵列的制备方法,其特征在于,所述在该基底表面形成掩膜层的方法为在基底表面形成单层纳米微球,从而在纳米微球对应的位置制备得到阶梯状凸起结构。
3. 如权利要求 2 所述的三维纳米结构阵列的制备方法,其特征在于,所述单层纳米微球包括多个呈阵列排布的纳米微球。
4. 如权利要求 3 所述的三维纳米结构阵列的制备方法,其特征在于,所述单层纳米微球包括多个呈六角密堆排布、等间距行列式排布或同心圆环排布的纳米微球。
5. 如权利要求 2 所述的三维纳米结构阵列的制备方法,其特征在于,所述在所述基底表面形成单层纳米微球的方法为提拉法或旋涂法。
6. 如权利要求 2 所述的三维纳米结构阵列的制备方法,其特征在于,所述在所述基底表面形成单层纳米微球之前进一步包括一对基底进行亲水处理的步骤。
7. 如权利要求 1 所述的三维纳米结构阵列的制备方法,其特征在于,所述采用反应性刻蚀气氛对基底进行刻蚀的步骤在一微波等离子体系统中进行。
8. 如权利要求 7 所述的三维纳米结构阵列的制备方法,其特征在于,所述微波等离子体系统的工作气体包括氯气和氩气。
9. 如权利要求 8 所述的三维纳米结构阵列的制备方法,其特征在于,所述氯气的通入速率为 10 标况毫升每分~ 60 标况毫升每分,所述氩气的通入速率为 4 标况毫升每分~ 20 标况毫升每分。
10. 如权利要求 8 所述的三维纳米结构阵列的制备方法,其特征在于,所述工作气体的气压为 2 帕~ 10 帕。
11. 如权利要求 7 所述的三维纳米结构阵列的制备方法,其特征在于,所述微波等离子体系统的功率为 40 瓦~ 70 瓦。
12. 如权利要求 7 所述的三维纳米结构阵列的制备方法,其特征在于,所述微波等离子体系统的功率与微波等离子体系统的工作气体的气压的数值比小于 20 : 1。
13. 如权利要求 1 所述的三维纳米结构阵列的制备方法,其特征在于,所述采用反应性刻蚀气氛对基底进行刻蚀的时间为 1 分钟~ 2.5 分钟。
14. 如权利要求 1 所述的三维纳米结构阵列的制备方法,其特征在于,所述在该基底表面形成掩膜层的方法为在基底表面形成具有多个开孔的连续膜,从而在开孔对应的位置制备得到阶梯状凹陷结构。
15. 一种三维纳米结构阵列的制备方法,其包括以下步骤:
提供一基底;
对该基底进行亲水处理;
在基底表面形成单层纳米微球作为掩膜层;

采用反应性刻蚀气氛对基底进行刻蚀同时对所述掩膜层进行裁剪,形成阶梯状结构的三维纳米结构阵列;以及
去除掩膜层。

三维纳米结构阵列的制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种纳米材料的制备方法,尤其涉及一种三维纳米结构阵列的制备方法。

背景技术

[0002] 纳米材料自问世以来,受到科学界追捧,成为材料科学现今最为活跃的研究领域。纳米材料根据不同尺度和性质,在电子行业、生物医药、环保、光学等领域都有着开发的巨大潜能。在将纳米材料应用到各行各业的同时,对纳米材料本身的制备方法和性质的研究也是目前国际上非常重视和争相探索的方向。

[0003] 纳米材料按维度分类,大致可分为四类:零维、一维、二维和三维纳米材料。如果一个纳米材料的尺度在 X、Y 和 Z 三维空间受限,则称为零维,如纳米粒子;如果材料只在两个空间方向上受限,则称为一维,如纳米线和纳米管;如果是在一个空间方向上受限,则称为二维纳米材料,如石墨烯;如果在 X、Y 和 Z 三个方向上都不受限,但材料的组成部分是纳米孔、纳米粒子或纳米线,就被称为三维纳米结构材料。

[0004] 纳米材料作为新兴的材料,目前最大的问题是如何制备批量、均匀、纯净的这种微型物质,从而进一步研究这类材料的实际性能及其机理。从目前的研究情况来看,在诸多纳米材料中,一维的碳纳米管和二维的石墨烯材料的研究热度最高,而三维纳米结构的报道比较少,通常为纳米球、纳米柱等结构简单的三维纳米结构。

发明内容

[0005] 有鉴于此,有必要提供一种结构复杂的三维纳米结构阵列的制备方法。

[0006] 一种三维纳米结构阵列的制备方法,其包括以下步骤:提供一基底;在该基底一表面形成掩膜层;采用反应性刻蚀气氛对基底进行刻蚀同时对所述掩膜层进行裁剪,形成阶梯状结构的三维纳米结构阵列;以及去除掩膜层。

[0007] 一种三维纳米结构阵列的制备方法,其包括以下步骤:提供一基底;对该基底进行亲水处理;在基底表面形成单层纳米微球作为掩膜层;采用反应性刻蚀气氛对基底进行刻蚀同时对所述掩膜层进行裁剪,形成阶梯状结构的三维纳米结构阵列;以及去除掩膜层。

[0008] 与现有技术相比较,本发明通过掩膜层和反应性刻蚀气氛刻蚀相结合的方法可以制备阶梯状结构的三维纳米结构阵列,且该方法工艺简单,成本低廉。

附图说明

[0009] 图 1 为本发明第一实施例提供的三维纳米结构阵列的结构示意图。

[0010] 图 2 为图 1 的三维纳米结构阵列沿 II-II 线的剖视图。

[0011] 图 3 为本发明第一实施例提供的包括多个图案的三维纳米结构阵列的结构示意图。

[0012] 图 4 为本发明第一实施例提供的三维纳米结构阵列的制备方法的工艺流程图。

- [0013] 图 5 为在基底表面六角形密堆排布之单层纳米微球的扫描电镜照片。
- [0014] 图 6 为在基底表面等间距行列式排布之单层纳米微球的扫描电镜照片。
- [0015] 图 7 为本发明第一实施例制备的三维纳米结构阵列的扫描电镜照片。
- [0016] 图 8 为本发明第二实施例提供的三维纳米结构阵列的结构示意图。
- [0017] 图 9 为本发明第三实施例提供的三维纳米结构阵列的结构示意图。
- [0018] 图 10 为本发明第四实施例提供的三维纳米结构阵列的结构示意图。
- [0019] 主要元件符号说明
- | | | |
|--------|----------|--------------------|
| [0020] | 三维纳米结构阵列 | 10, 20, 30, 40 |
| [0021] | 基底 | 100, 200, 300, 400 |
| [0022] | 三维纳米结构 | 102, 202, 302, 402 |
| [0023] | 第一圆台 | 104, 204, 304 |
| [0024] | 第二圆台 | 106, 206, 306 |
| [0025] | 掩膜层 | 108 |
| [0026] | 反应性刻蚀气氛 | 110 |
| [0027] | 第三圆台 | 308 |
| [0028] | 第一圆台状空间 | 404 |
| [0029] | 第二圆台状空间 | 406 |

具体实施方式

[0030] 以下将结合附图详细说明本发明实施例的三维纳米结构阵列及其制备方法。

[0031] 请参阅图 1 和图 2, 本发明第一实施例提供的三维纳米结构阵列 10 包括一基底 100 以及多个设置于该基底 100 至少一表面的三维纳米结构 102。所述三维纳米结构 102 为一阶梯状结构。

[0032] 所述基底 100 可以为硅基基底或半导体基底。具体地, 所述基底 100 的材料可以为硅、二氧化硅、氮化硅、石英、玻璃、氮化镓、砷化镓、蓝宝石、氧化铝或氧化镁等。优选地, 所述基底 100 为一半导体层。所述基底 100 的大小、厚度和形状不限, 可以根据实际需要选择。本实施例中, 所述基底 100 为一表面形成有一氮化镓半导体层的蓝宝石基底, 且该基底 100 被切成一边长为 2 厘米的方形。

[0033] 所述三维纳米结构 102 设置在所述基底 100 表面的阶梯状凸起结构或阶梯状凹陷结构。所述阶梯状凸起结构为从所述基底 100 表面向外延伸出的阶梯状突起的实体。所述阶梯状凹陷结构为从基底 100 表面向基底 100 内凹陷形成的阶梯状凹陷的空间。所述阶梯状凸起结构或阶梯状凹陷结构可以为一多层台状结构, 如多层三棱台、多层四棱台、多层六棱台或多层圆台等。优选地, 所述阶梯状凸起结构或阶梯状凹陷结构为多层圆台结构。所谓阶梯状凹陷结构为多层圆台结构是指所述阶梯状凹陷的空间为多层圆台形状。所述阶梯状凸起结构或阶梯状凹陷结构的最大尺度为小于等于 1000 纳米, 即其长度、宽度和高度均小于等于 1000 纳米。优选地, 所述阶梯状凸起结构或阶梯状凹陷结构长度、宽度和高度范围为 10 纳米~ 500 纳米。

[0034] 本实施例中, 所述三维纳米结构 102 设置于基底 100 的氮化镓半导体层表面。所述三维纳米结构 102 为一阶梯状凸起的双层圆台结构。具体地, 所述三维纳米结构 102 包

括一第一圆台 104 以及一设置于该第一圆台 104 表面的第二圆台 106。所述第一圆台 104 靠近基底 100 设置。所述第一圆台 104 的侧面垂直于基底 100 的表面。所述第二圆台 106 的侧面垂直于第一圆台 104 的底面。所述第一圆台 104 与第二圆台 106 形成一阶梯状凸起结构,所述第二圆台 106 设置在所述第一圆台 104 的范围内。优选地,所述第一圆台 104 与第二圆台 106 同轴设置。所述第一圆台 104 与第二圆台 106 为一体结构,即所述第二圆台 106 为第一圆台 104 的顶面延伸出的圆台状结构。

[0035] 所述第一圆台 104 的底面直径大于第二圆台 106 的底面直径。所述第一圆台 104 的底面直径为 30 纳米~1000 纳米,高度为 50 纳米~1000 纳米。优选地,所述第一圆台 104 的底面直径为 50 纳米~200 纳米,高度为 100 纳米~500 纳米。所述第二圆台 106 的底面直径为 10 纳米~500 纳米,高度为 20 纳米~500 纳米。优选地,所述第二圆台 106 的底面直径为 20 纳米~200 纳米,高度为 100 纳米~300 纳米。本实施例中,所述第一圆台 104 与第二圆台 106 同轴设置。所述第一圆台 104 的底面直径为 380 纳米,高度为 105 纳米。所述第二圆台 106 的底面直径为 280 纳米,高度为 55 纳米。

[0036] 所述三维纳米结构 102 的材料或定义该三维纳米结构 102 的材料可以与基底 100 的材料相同以形成一一体结构,或与基底 100 的材料不同。所述多个三维纳米结构 102 在基底 100 表面以阵列形式设置。所述阵列形式设置指所述多个三维纳米结构 102 可以按照等间距行列式排布、同心圆环排布或六角形密堆排布等方式排列。而且,所述以阵列形式设置的个三维纳米结构 102 可形成一个单一图案或多个图案。所述单一图案可以为三角形、平行四边形、体形、菱形、方形、矩形或圆形等。如图 3 所示,所述多个图案可以包括多个相同的或不同的上述单一图案所形成的图案化的阵列。所述相邻的两个三维纳米结构 102 之间的距离相等,即相邻的两个第一圆台 104 之间的距离相等,为 10 纳米~1000 纳米,优选为 10 纳米~30 纳米。本实施例中,所述多个三维纳米结构 102 呈六角形密堆排布形成一单一正方形图案,且相邻两个三维纳米结构 102 之间的距离约为 30 纳米。

[0037] 由于本发明的三维纳米结构阵列 10 的三维纳米结构 102 为阶梯状结构,相当于包括至少两层阵列状设置的三维纳米结构,使得该三维纳米结构阵列 10 具有广阔的应用前景。该三维纳米结构阵列 10 可以应用在纳米光学、纳米集成电路以及纳米集成光学等领域。

[0038] 请参阅图 4,本发明第一实施例提供一种三维纳米结构阵列 10 的制备方法,其包括以下步骤:步骤 S10,提供一基底 100;步骤 S11,在该基底 100 表面形成掩膜层 108;步骤 S12,采用反应性刻蚀气氛 110 对基底 100 进行刻蚀同时对所述掩膜层 108 进行裁剪,形成阶梯状结构的三维纳米结构阵列 10;步骤 S13,去除掩膜层 108。

[0039] 步骤 S10,提供一基底 100。

[0040] 所述基底 100 可以为硅基基底或半导体基底。具体地,所述基底 100 的材料可以为硅、二氧化硅、氮化硅、石英、玻璃、氮化镓、砷化镓、蓝宝石、氧化铝或氧化镁等。优选地,所述基底 100 为一半导体层。所述基底 100 的大小、厚度和形状不限,可以根据实际需要选择。

[0041] 本实施例中,先通过金属有机化学气相沉积法 (MOCVD) 在一蓝宝石基底表面生长一氮化镓半导体层得到一基底 100,再将该基底 100 切成边长为 2 厘米的方形。进一步,本实施例中,还可以对该氮化镓半导体层进行掺杂以形成 N 型或 P 型半导体层。

[0042] 进一步,本实施例可以对该基底 100 进行亲水处理。

[0043] 当所述基底 100 的材料为硅或二氧化硅时,首先,清洗基底 100,清洗时采用超净间标准工艺清洗。然后,在温度为 30℃~100℃,体积比为 $\text{NH}_3\text{H}_2\text{O} : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{H}_2\text{O} = x : y : z$ 的溶液中温浴 30 分钟~60 分钟,进行亲水处理,之后用去离子水冲洗 2 次~3 次。其中,x 的取值为 0.2~2,y 的取值为 0.2~2,z 的取值为 1~20。最后,用氮气吹干。

[0044] 本实施例中,所述基底 100 的材料为氮化镓,对该基底 100 进行亲水处理的方法包括以下步骤:首先,清洗基底 100,清洗时采用超净间标准工艺清洗。然后,采用微波等离子体处理上述基底 100。具体地,可将所述基底 100 放置于微波等离子体系统中,该微波等离子体系统的一感应功率源可产生氧等离子体、氯等离子体或氩等离子体。等离子体以较低的离子能量从产生区域扩散并漂移至所述基底 100 表面,进而改善基底 100 的亲水性。

[0045] 当采用氧等离子体处理上述基底 100 时,氧等离子体系统的功率为 10 瓦~150 瓦,氧等离子体的通入速率为 10 标况毫升每分 (standard-state cubiccentimeter per minute, sccm)~20 标况毫升每分,形成的气压为 2 帕~3 帕,采用氧等离子体处理时间为 1 秒~30 秒,优选的为 5 秒~10 秒。通过上述方法,改善基底 100 的亲水性。

[0046] 当采用氯等离子体处理上述基底 100 时,氯等离子体系统的功率是 50 瓦~100 瓦,氯等离子体的通入速率为 10 标况毫升每分~30 标况毫升每分,形成的气压为 2 帕~10 帕,采用氯等离子体刻蚀时间为 3 秒~5 秒。通过上述方法,改善基底 100 的亲水性。

[0047] 当采用氩等离子体处理上述基底 100 时,氩等离子体系统的功率是 50 瓦~100 瓦,氩等离子体的通入速率为 2 标况毫升每分~10 标况毫升每分,形成的气压为 2 帕~10 帕,采用氩等离子体刻蚀时间为 10 秒~30 秒。通过上述方法,改善基底 100 的亲水性。

[0048] 进一步,还可以对该基底 100 进行二次亲水处理,其方式如下:将亲水处理过后的所述基底 100 在 2wt%~5wt% 的十二烷基硫酸钠溶液 (SDS) 中浸泡 2 小时~24 小时,以使基底 100 有利于后续的工序。即,在 SDS 中浸泡过后的基底 100 有利于后续纳米微球的铺展一形成长城有序排列的大面积纳米微球。

[0049] 步骤 S11,在该基底 100 表面形成掩膜层 108。

[0050] 所述在该基底 100 表面形成掩膜层 108 的方法可以为在基底 100 表面形成单层纳米微球或形成具有多个开孔的连续膜。可以理解,采用单层纳米微球作为掩膜层 108,可以在纳米微球对应的位置制备得到阶梯状凸起结构,而采用具有多个开孔的连续膜作为掩膜层 108,可以在开孔对应的位置制得到备阶梯状凹陷结构。所述具有多个开孔的连续膜可以通过纳米压印、模板沉积等方式制备。

[0051] 本实施例中,在基底 100 表面形成单层纳米微球作为掩膜层 108,其具体包括以下步骤:

[0052] 步骤 S111,制备一纳米微球的溶液。

[0053] 本实施例中,在直径为 15 毫米的表面皿中依序加入 150 毫升的纯水、3 微升~5 微升的 0.01wt%~10wt% 的纳米微球、以及当量的 0.1wt%~3wt% 的 SDS 后形成混合物,将上述混合物静置分钟 30~60 分钟。待纳米微球充分分散于混合物中后,再加入 1 微升~3 微升的 4wt% 的 SDS,以调节纳米微球的表面张力,有利于形成单层纳米微球阵列。其中,纳米微球的直径可为 60 纳米~500 纳米,具体地,纳米微球的直径可为 100 纳米、200 纳米、300 纳米或 400 纳米,上述直径偏差为 3 纳米~5 纳米。优选的纳米微球的直径为 200 纳米

或 400 纳米。所述纳米微球可以为聚合物纳米微球或硅纳米微球等。所述聚合物纳米微球的材料可以为聚苯乙烯 (PS) 或聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)。可以理解, 依实际需求表面皿也可采用直径为 15 毫米~ 38 毫米的表面皿, 所述表面皿中的混合物也可依实际需求而按比例调制。

[0054] 步骤 S112, 在基底 100 表面形成单层纳米微球溶液, 在基底 100 上形成的单层纳米微球以阵列形式设置。

[0055] 所述在基底 100 表面形成单层纳米微球溶液的方法可以为提拉法或旋涂法。所述单层纳米微球可以呈六角密堆排布、等间距行列式排布或同心圆环排布等。

[0056] 所述采用提拉法在基底 100 表面形成单层纳米微球溶液的方法包括以下步骤: 首先, 将经亲水处理后的所述基底 100 缓慢的倾斜的沿着表面皿的侧壁滑入表面皿的混合物中, 所述基底 100 的倾斜角度为 9° ~ 15° 。然后, 将所述基底 100 由表面皿的混合物中缓慢的提取。其中, 上述滑下和提起速度相当均为 5 毫米 / 小时 ~ 10 毫米 / 小时的速度缓慢进行。该过程中, 所述纳米微球的溶液中的纳米微球通过自组装形成呈六角密堆排布的单层纳米微球。所得到的多个三维纳米结构 102 的排列方式与纳米微球的排列方式有关。

[0057] 本实施例中, 采用旋涂法在基底 100 表面形成单层纳米微球溶液, 其包括以下步骤: 首先, 在基底 100 上形成单层纳米微球前, 将亲水处理过后的所述基底 100 在 2wt% 的十二烷基硫酸钠溶液中浸泡 2 小时 ~ 24 小时, 在十二烷基硫酸钠溶液中浸泡过的基底 100 的一个表面旋涂 3 微升 ~ 5 微升的聚苯乙烯。其次, 以旋涂转速为 400 转 / 分钟 ~ 500 转 / 分钟的速度旋涂 5 秒 ~ 30 秒。然后, 以旋涂转速为 800 转 / 分钟 ~ 1000 转 / 分钟的速度旋涂 30 秒 ~ 2 分钟后。最后将旋涂转速提高至 1400 转 / 分钟 ~ 1500 转 / 分钟, 旋涂 10 秒 ~ 20 秒, 除去边缘多余的微球, 在基底 100 上形成呈六角密堆排布的单层纳米微球。

[0058] 步骤 S113, 将混合物中提取的分布有纳米微球的基底 100 进行干燥后即可得到单层纳米微球。

[0059] 本实施例中, 所述纳米微球的直径可为 400 纳米。请参阅图 5, 所述单层纳米微球中的纳米微球以能量最低的排布方式排布, 即六角密堆排布。所述单层纳米微球排布最密集, 占空比最大。所述单层纳米微球中任意三个相邻的纳米微球呈一等边三角形。请参阅图 6, 通过控制纳米微球溶液的表面张力, 可以使单层纳米微球中的纳米微球呈等间距行列式排布。

[0060] 进一步, 在基底 100 表面形成单层纳米微球之后还可以包括一对基底 100 进行烘烤的步骤。所述烘烤的温度为 50°C ~ 100°C , 烘烤的时间为 1 分钟 ~ 5 分钟。

[0061] 步骤 S12, 采用反应性刻蚀气氛 110 对基底 100 进行刻蚀同时对所述掩膜层 108 进行裁剪, 形成阶梯状结构的三维纳米结构阵列 10。

[0062] 所述采用反应性刻蚀气氛 110 对基底 100 进行刻蚀的步骤在一微波等离子体系统中进行。所述微波等离子体系统为反应离子刻蚀 (Reaction-Ion-Etching, RIE) 模式。所述采用反应性刻蚀气氛 110 对基底 100 进行刻蚀的同时, 可以对所述掩膜层 108 进行裁剪。当所述掩膜层 108 为单层纳米微球时, 纳米微球的直径会在刻蚀的过程中缩小, 当掩膜层 108 为具有多个开孔的连续膜时, 所述开孔的直径会在刻蚀的过程中变大。由于反应性刻蚀气氛 110 对基底 100 进行刻蚀的同时, 可以对所述掩膜层 108 进行裁剪, 所以可以形成阶梯状结构的三维纳米结构 102。

[0063] 本实施例中,将形成有单层纳米微球的基底 100 放置于微波等离子体系统中,且该微波等离子体系统的一感应功率源产生反应性刻蚀气氛 110。该反应性刻蚀气氛 110 以较低的离子能量从产生区域扩散并漂移至所述基底 100 的单层纳米微球表面,此时该单层纳米微球被所述反应性刻蚀气氛 110 刻蚀,形成更小直径的纳米微球,即单层纳米微球中的每一纳米微球被刻蚀削减为更小直径的纳米微球,进而增大邻纳米微球之间的间隙。与此同时,反应性刻蚀气氛 110 对基底 100 同时进行刻蚀。由于裁剪和刻蚀的步骤同时进行,所以邻纳米微球之间的间隙增大的同时,反应性刻蚀气氛 110 与基底 100 开始反应,并随着邻纳米微球之间的间隙增大,刻蚀的范围也增大,从而形成台阶状三维纳米结构 102。

[0064] 本实施例中,所述微波等离子体系统的工作气体包括氯气 (Cl_2) 和氩气 (Ar)。其中,氯气的通入速率为 10 标况毫升每分~60 标况毫升每分,氩气的通入速率为 4 标况毫升每分~20 标况毫升每分。所述工作气体形成的气压为 2 帕~10 帕。所述等离子体系统的功率为 40 瓦~70 瓦。所述采用反应性刻蚀气氛 110 刻蚀时间为 1 分钟~2.5 分钟。优选地,所述微波等离子体系统的功率与微波等离子体系统的工作气体的气压的数值比小于 20 : 1。可以理解,本实施例中,通过控制采用反应性刻蚀气氛 110 刻蚀时间可以控制三维纳米结构 102 之间的间距,即相邻圆台侧面之间的最小距离。

[0065] 进一步,所述反应性刻蚀气氛 110 中还可以加入四氟化硫 (SF_4)、三氯化硼 (BCl_3) 或其混合气体等其它气体以调节刻蚀速率。所述四氟化硫 (SF_4)、三氯化硼 (BCl_3) 或其混合气体的流量可以为 20 标况毫升每分~40 标况毫升每分的。

[0066] 步骤 S13,去除纳米微球。

[0067] 采用四氢呋喃 (THF)、丙酮、丁酮、环己烷、正己烷、甲醇或无水乙醇等无毒或低毒环保溶剂作为剥离剂,溶解纳米微球,可以去掉纳米微球,保留形成在基底 100 表面的三维纳米结构 102。本实施例中,通过丁酮中超声清洗去除聚苯乙烯纳米微球。请参见图 7 为本发明第一实施例制备的三维纳米结构阵列的扫描电镜照片。

[0068] 本发明通过掩膜层 108 和反应性刻蚀气氛 110 刻蚀相结合的方法可以制备阶梯状结构的三维纳米结构阵列 10,且该方法工艺简单,成本低廉。

[0069] 请参阅图 8,本发明第二实施例提供的三维纳米结构阵列 20 包括一基底 200 以及多个设置于该基底 200 相对两表面的三维纳米结构 202。所述三维纳米结构 202 包括一第一圆台 204 和设置于第一圆台 204 表面的第二圆台 206。本发明第二实施例提供的三维纳米结构阵列 20 与第一实施例提供的三维纳米结构阵列 10 的结构基本相同,其区别为第二实施例的基底 200 相对的两表面均设置有多个三维纳米结构 202。

[0070] 请参阅图 9,本发明第三实施例提供的三维纳米结构阵列 30 包括一基底 300 以及多个设置于该基底 300 一表面的三维纳米结构 302。所述三维纳米结构 302 包括一第一圆台 304,一设置于第一圆台 304 表面的第二圆台 306 以及一设置于第二圆台 306 表面的第三圆台 308。本发明第三实施例提供的三维纳米结构阵列 30 与第一实施例提供的三维纳米结构阵列 10 的结构基本相同,其区别为第三实施例的三维纳米结构 302 为一三层圆台结构。

[0071] 请参阅图 10,本发明第四实施例提供的三维纳米结构阵列 40 包括一基底 400 以及多个设置于该基底 400 一表面的三维纳米结构 402。本发明第四实施例提供的三维纳米结构阵列 40 与第一实施例提供的三维纳米结构阵列 10 的结构基本相同,其区别为第三实施例的三维纳米结构 402 为一阶梯状凹陷结构,即由基底 400 定义的凹陷空间。所述三维

纳米结构 402 的形状为一双层圆台状空间,具体包括一第一圆台状空间 404,以及一于第一圆台状空间 404 联通的第二圆台状空间 406。所述第一圆台状空间 404 与第二圆台状空间 406 同轴设置。所述第一圆台状空间 404 与第二圆台状空间 406 同轴设置。所述第二圆台状空间 406 靠近基底 400 表面设置。所述第二圆台状空间 406 的直径大于第一圆台状空间 404 的直径。

[0072] 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。

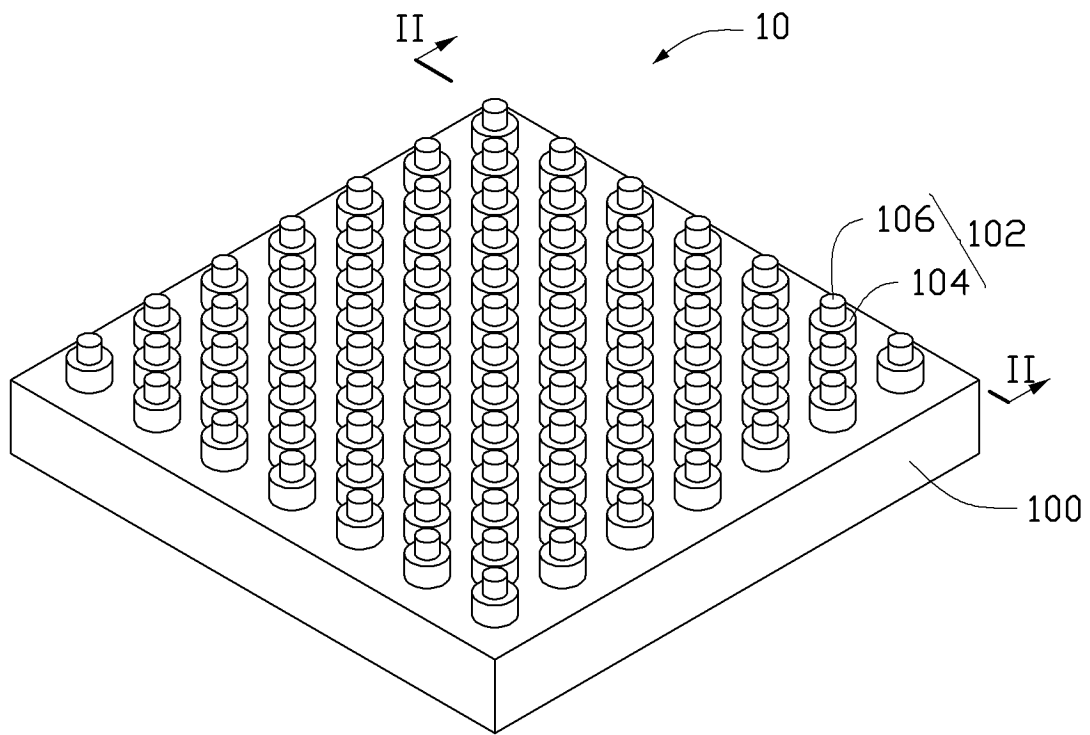


图 1

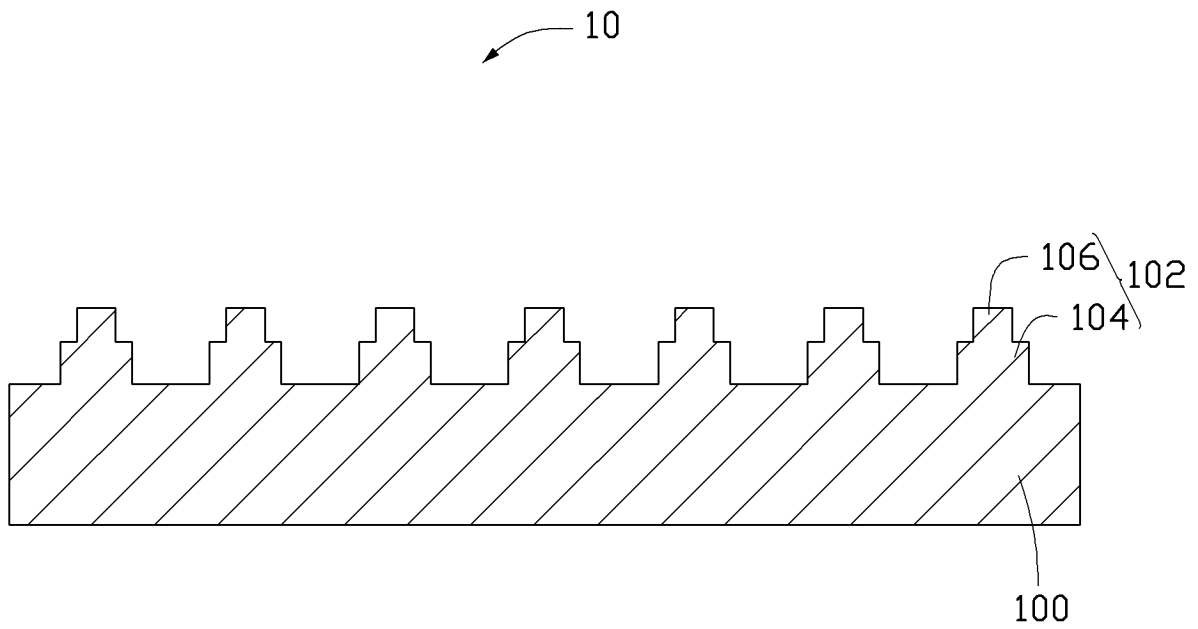


图 2

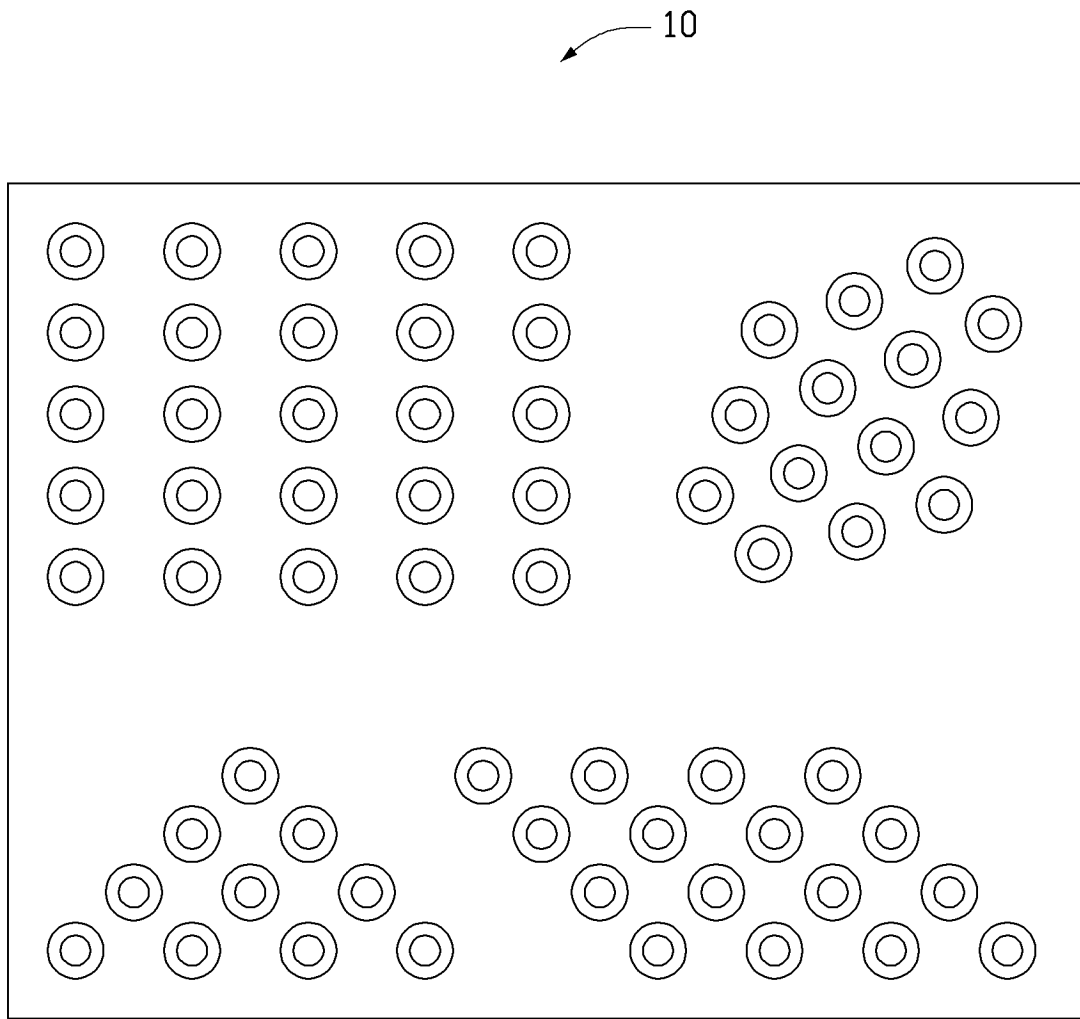


图 3

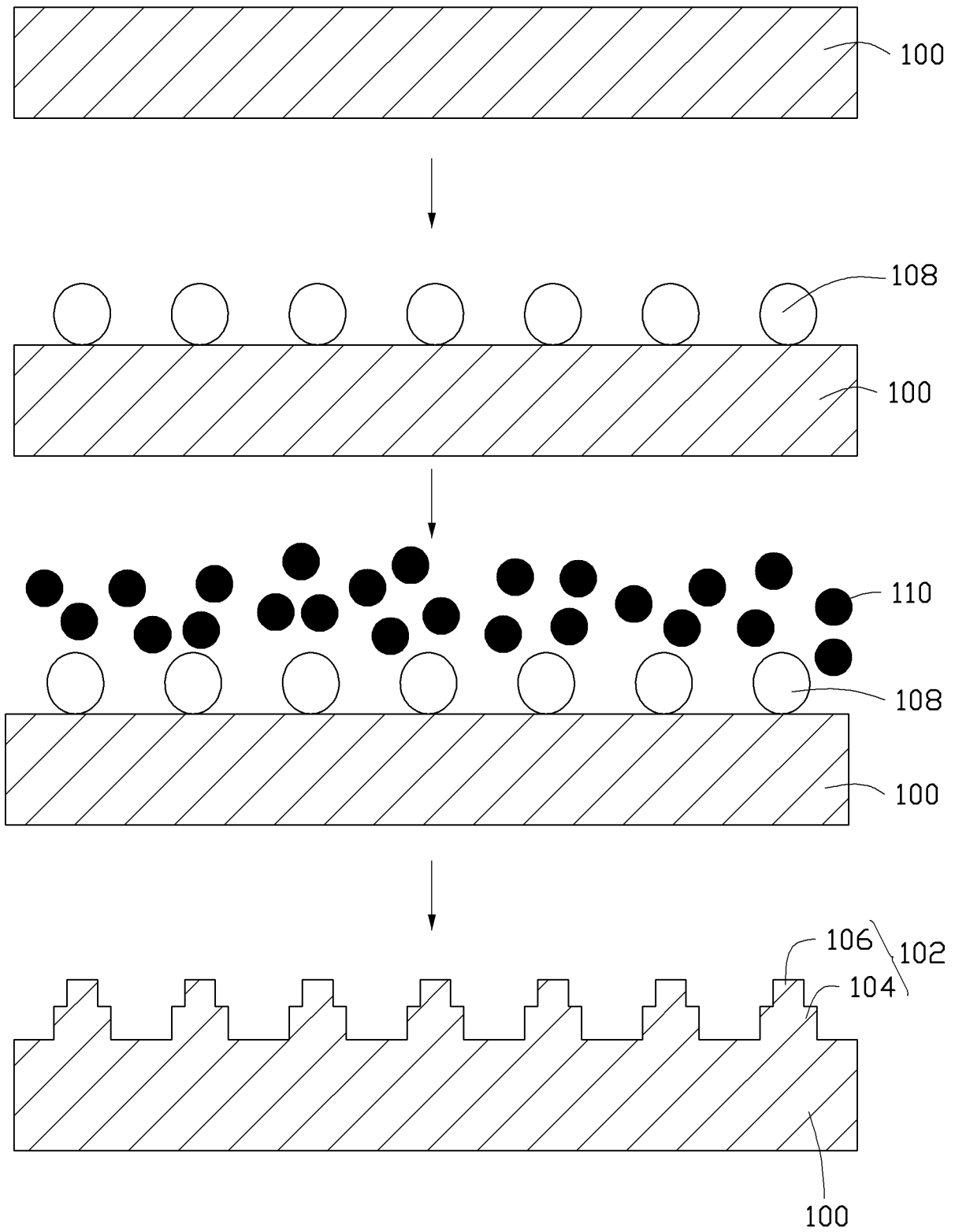


图 4

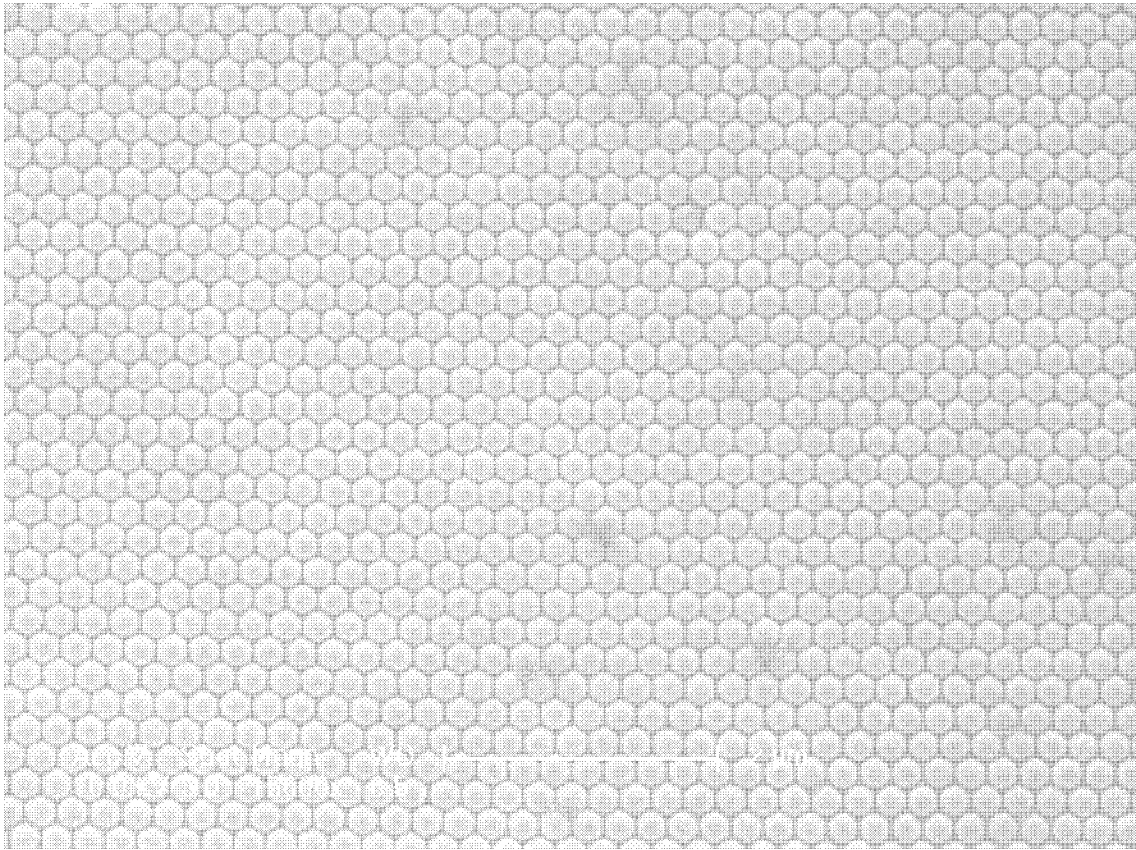


图 5

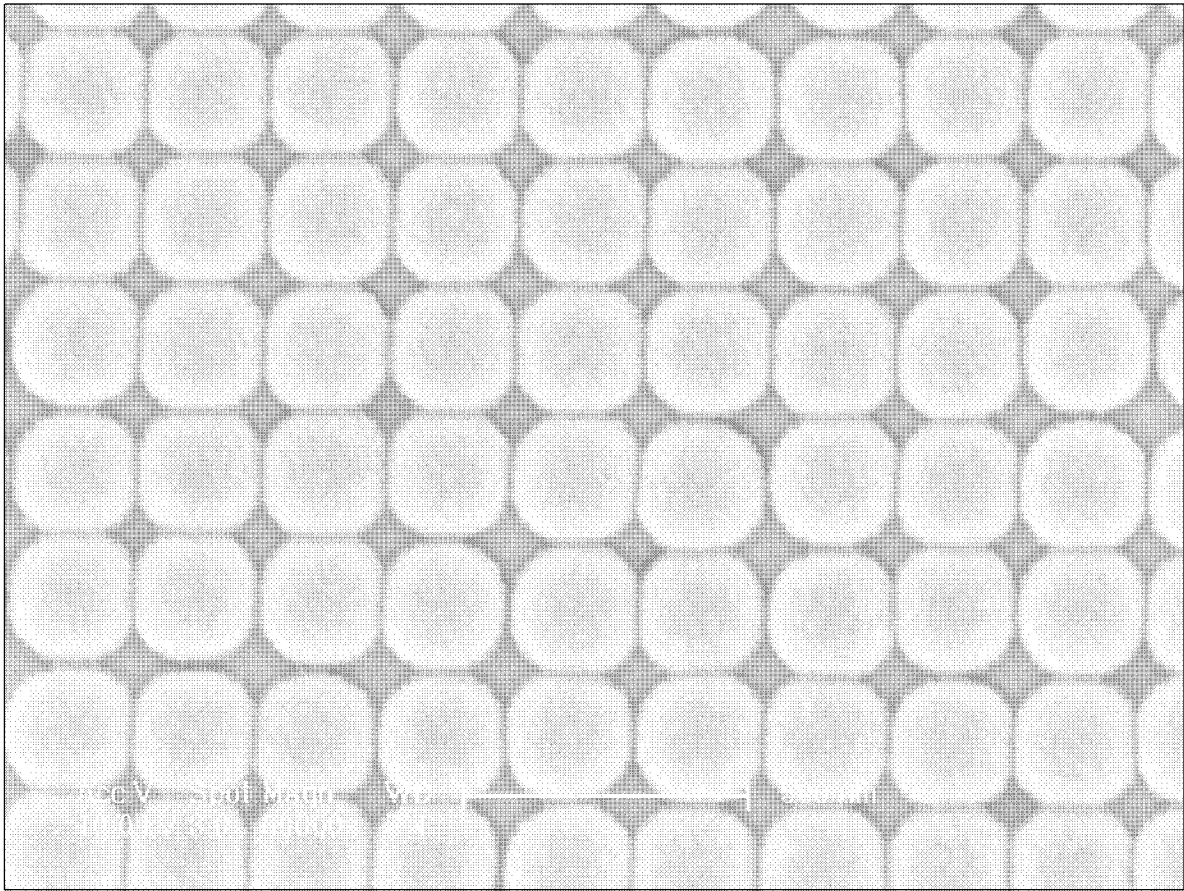


图 6

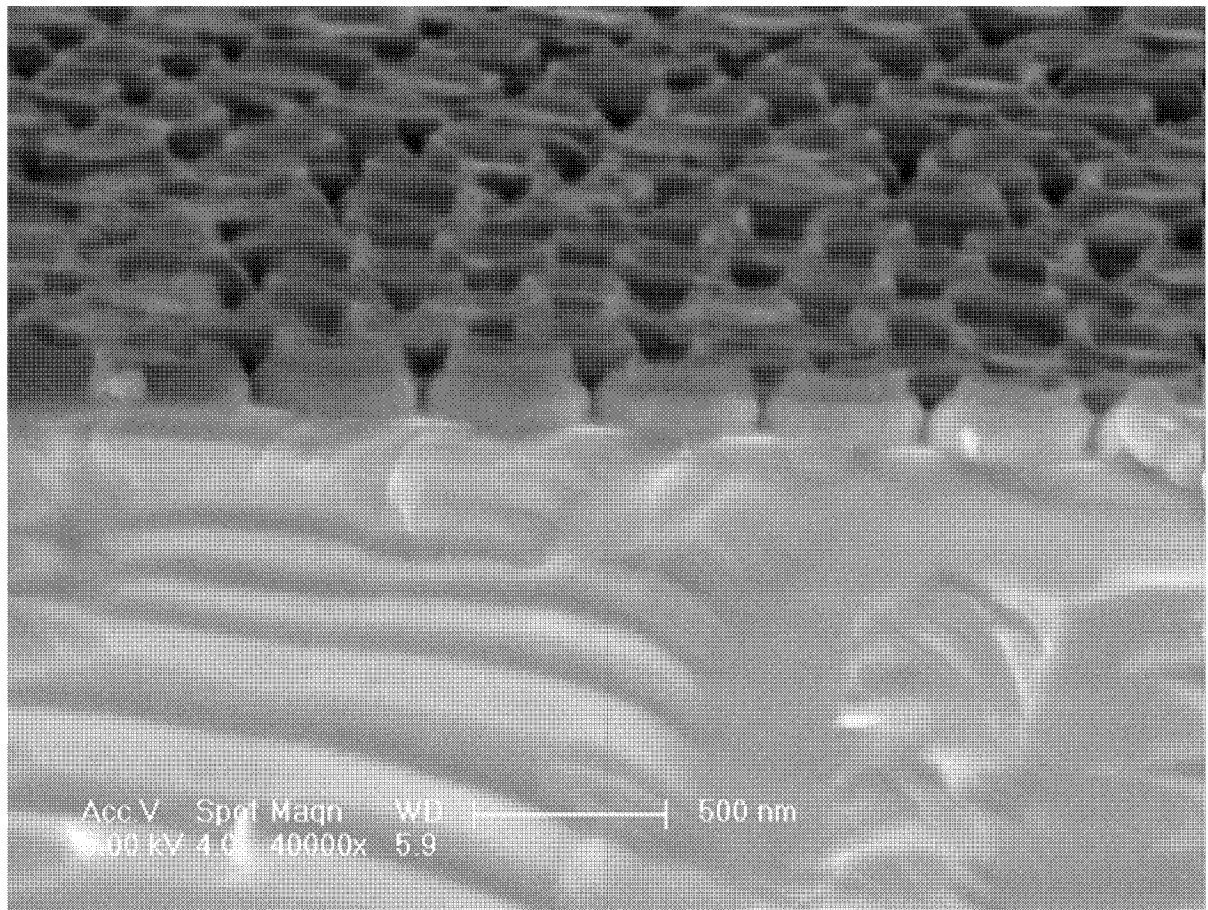


图 7

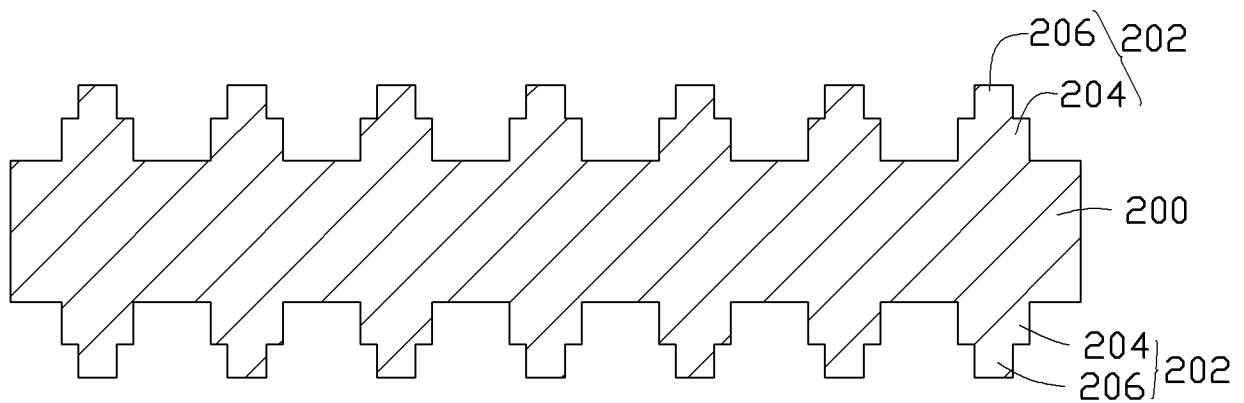


图 8

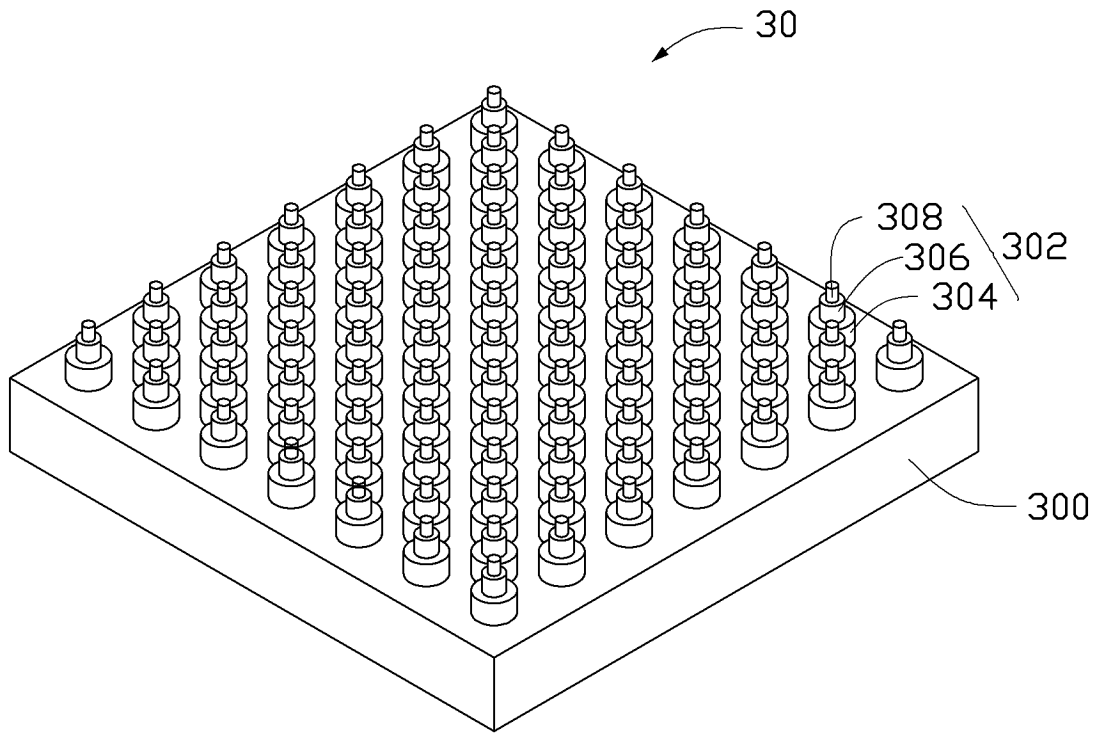


图 9

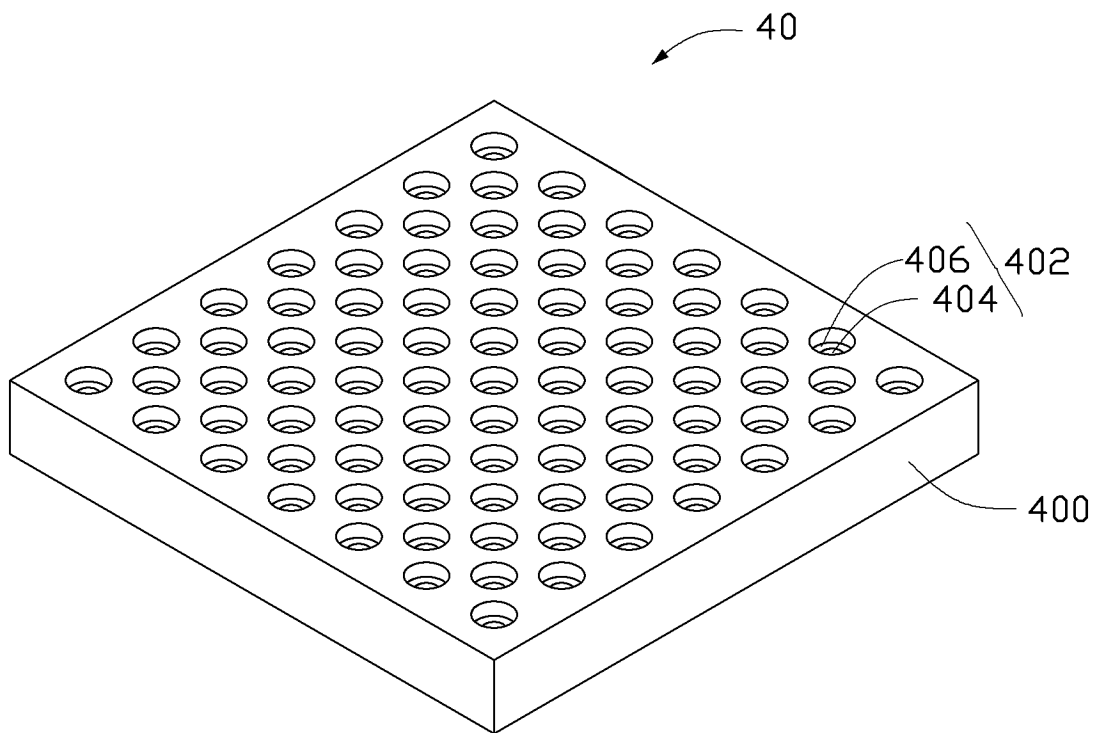


图 10