

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102222738 A

(43) 申请公布日 2011. 10. 19

(21) 申请号 201110171022. 0

(22) 申请日 2011. 06. 23

(71) 申请人 西安神光安瑞光电科技有限公司

地址 710100 陕西省西安市国家民用航天产
业基地工业二路 55 号

(72) 发明人 张汝京

(74) 专利代理机构 上海思微知识产权代理事务
所（普通合伙） 31237

代理人 郑玮

(51) Int. Cl.

H01L 33/00 (2010. 01)

C23C 16/34 (2006. 01)

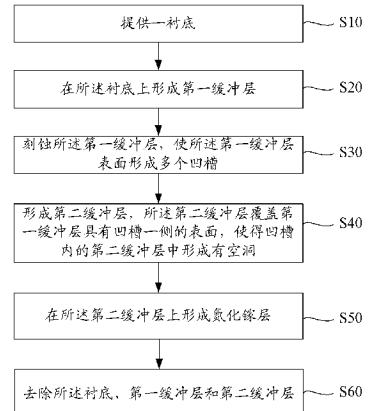
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 4 页

(54) 发明名称

氮化镓衬底材料的制造方法

(57) 摘要

本发明公开了一种氮化镓衬底材料的制造方法，包括：提供一衬底；在所述衬底上形成第一缓冲层；刻蚀所述第一缓冲层，使所述第一缓冲层表面形成多个凹槽；形成第二缓冲层，所述第二缓冲层覆盖所述第一缓冲层具有凹槽一侧的表面，使得所述凹槽内的第二缓冲层中形成有空洞；在所述第二缓冲层上形成氮化镓层；去除所述衬底、第一缓冲层和第二缓冲层。由于所述空洞的存在，从而降低了氮化镓层的位错密度，释放了氮化镓层中的应力，由此可形成缺陷较少的氮化镓层。



1. 一种氮化镓衬底材料的制造方法,其特征在于,包括:
提供一衬底;
在所述衬底上形成第一缓冲层;
刻蚀所述第一缓冲层,使所述第一缓冲层表面形成多个凹槽;
形成第二缓冲层,所述第二缓冲层覆盖所述第一缓冲层具有凹槽一侧的表面,使得所述凹槽内的第二缓冲层中形成有空洞;
在所述第二缓冲层上形成氮化镓层;
去除所述衬底、第一缓冲层和第二缓冲层。
2. 如权利要求1所述的氮化镓衬底材料的制造方法,其特征在于,所述凹槽的高宽比大于或等于1.2:1。
3. 如权利要求1或2所述的氮化镓衬底材料的制造方法,其特征在于,采用无掩膜感应耦合等离子反应刻蚀的方式刻蚀所述第一缓冲层。
4. 如权利要求3所述的氮化镓衬底材料的制造方法,其特征在于,刻蚀所述第一缓冲层的步骤中,刻蚀气体为三氯化硼和氯的混合物,腔室气压为5~100mTorr,底板功率为200~400W,线圈功率为100~200W。
5. 如权利要求1或2所述的氮化镓衬底材料的制造方法,其特征在于,利用金属有机化合物化学气相沉积的方式在所述衬底上形成第一缓冲层。
6. 如权利要求5所述的氮化镓衬底材料的制造方法,其特征在于,形成第一缓冲层的步骤中,腔室压力为100~600Torr,温度为500~800℃。
7. 如权利要求1或2所述的氮化镓衬底材料的制造方法,其特征在于,利用金属有机化合物化学气相沉积的方式形成第二缓冲层。
8. 如权利要求7所述的氮化镓衬底材料的制造方法,其特征在于,形成第二缓冲层的步骤中,腔室压力为100~1000mTorr,温度为800~1000℃。
9. 如权利要求1或2所述的氮化镓衬底材料的制造方法,其特征在于,利用金属有机化合物化学气相沉积的方式在所述第二缓冲层上形成氮化镓层。
10. 如权利要求9所述的氮化镓衬底材料的制造方法,其特征在于,形成所述氮化镓层的步骤中,腔室压力为400~760Torr,温度为800~1400℃。
11. 如权利要求1所述的氮化镓衬底材料的制造方法,其特征在于,所述衬底的材质为蓝宝石、碳化硅、硅、氧化锌、砷化镓或尖晶石。
12. 如权利要求1所述的氮化镓衬底材料的制造方法,其特征在于,去除所述衬底、第一缓冲层和第二缓冲层的步骤包括:
利用激光剥离或湿法刻蚀的方式去除所述衬底;以及
利用研磨的方式去除第一缓冲层和第二缓冲层。
13. 如权利要求12所述的氮化镓衬底材料的制造方法,其特征在于,所述湿法刻蚀工艺采用的刻蚀液体为硫酸和磷酸的混合液。

氮化镓衬底材料的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体发光领域,特别是涉及一种氮化镓衬底材料的制造方法。

背景技术

[0002] 发光二极管由于具有寿命长、能耗低等优点,应用于各种领域,尤其随着其照明性能指标日益大幅提高,发光二极管在照明领域常用作发光装置。其中,以氮化镓(GaN)为代表的III-V族化合物半导体由于具有带隙宽、发光效率高、电子饱和漂移速度高、化学性质稳定等特点,在高亮度光电子器件领域有着巨大的应用潜力,引起了人们的广泛关注。

[0003] 请参阅图1,图1是一种现有技术的发光二极管的剖面结构示意图。所述发光二极管包括衬底11、缓冲层(buffer layer)12、N型接触层(N contact layer)13、N型覆盖层(N active layer)14、有源层(light emitting layers)15、P型覆盖层(P active layer)16、P型接触层(P contact layer)17、与所述P型接触层17连接的正电极18以及与所述N型接触层13连接的负电极19。所述发光二极管是双异质(Double Heterogeneous,DH)结构的发光二极管,其中双异质结构包括:N型覆盖层14、有源层15和P型覆盖层16。所述有源层15为所述发光二极管的发光层。所述N型覆盖层14为N型掺杂氮化镓层,所述P型覆盖层16为P型掺杂氮化镓层。类似的,美国专利US 5777350也公布了一种氮化物半导体发光器件。

[0004] 然而,由于氮化镓体单晶很难获得,所以,目前氮化镓材料的生长主要通过在蓝宝石(Sapphire, Al₂O₃)衬底上进行异质外延的手段获得,最主要的外延生长技术有金属氧化物化学气相沉积(MOCVD)、分子束外延(MBE)以及卤化物气相外延(HVPE)等。但是,由于蓝宝石衬底与氮化镓外延层存在很大的晶格失配(lattice mismatch)和热胀失配,所以不可避免地会在氮化镓外延层中引入大量的位错(dislocation),降低了器件的内量子效率。

[0005] 因此,有必要提供一种氮化镓衬底材料的制造方法,以形成高质量的氮化镓衬底材料。

发明内容

[0006] 本发明提供一种氮化镓衬底材料的制造方法,以形成缺陷少、高质量的氮化镓衬底材料。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明提供一种氮化镓衬底材料的制造方法,包括:提供一衬底;在所述衬底上形成第一缓冲层;刻蚀所述第一缓冲层,使所述第一缓冲层表面形成多个凹槽;形成第二缓冲层,所述第二缓冲层覆盖所述第一缓冲层具有凹槽一侧的表面,使得所述凹槽内的第二缓冲层中形成有空洞;在所述第二缓冲层上形成氮化镓层;去除所述衬底、第一缓冲层和第二缓冲层。

[0008] 可选的,在所述的氮化镓衬底材料的制造方法中,所述凹槽的高宽比大于或等于1.2:1。

[0009] 可选的,在所述的氮化镓衬底材料的制造方法中,采用无掩膜感应耦合等离子反

应刻蚀的方式刻蚀所述第一缓冲层。

[0010] 可选的,在所述的氮化镓衬底材料的制造方法中,刻蚀所述第一缓冲层的步骤中,刻蚀气体为三氯化硼和氯的混合物,腔室气压为 5 ~ 100mTorr,底板功率为 200 ~ 400W,线圈功率为 100 ~ 200W。

[0011] 可选的,在所述的氮化镓衬底材料的制造方法中,利用金属有机化合物化学气相沉积的方式在所述衬底上形成第一缓冲层。

[0012] 可选的,在所述的氮化镓衬底材料的制造方法中,形成第一缓冲层的步骤中,腔室压力为 100 ~ 600Torr,温度为 500 ~ 800°C。

[0013] 可选的,在所述的氮化镓衬底材料的制造方法中,利用金属有机化合物化学气相沉积的方式形成第二缓冲层。

[0014] 可选的,在所述的氮化镓衬底材料的制造方法中,形成第二缓冲层的步骤中,腔室压力为 100 ~ 1000mTorr,温度为 800 ~ 1000°C。

[0015] 可选的,在所述的氮化镓衬底材料的制造方法中,利用金属有机化合物化学气相沉积的方式形成所述氮化镓层。

[0016] 可选的,在所述的氮化镓衬底材料的制造方法中,形成所述氮化镓层的步骤中,腔室压力为 400 ~ 760Torr,温度为 800 ~ 1400°C。

[0017] 可选的,在所述的氮化镓衬底材料的制造方法中,所述衬底的材质为蓝宝石、碳化硅、硅、氧化锌、砷化镓或尖晶石。

[0018] 可选的,在所述的氮化镓衬底材料的制造方法中,去除所述衬底、第一缓冲层和第二缓冲层的步骤包括:利用激光剥离或湿法刻蚀的方式去除所述衬底;以及利用研磨的方式去除第一缓冲层和第二缓冲层。

[0019] 可选的,在所述的氮化镓衬底材料的制造方法中,所述湿法刻蚀工艺采用的刻蚀液体为硫酸和磷酸的混合液。

[0020] 与现有技术相比,本发明在所述第一缓冲层邻近第二缓冲层的表面形成有多个凹槽,之后在所述第一缓冲层上形成第二缓冲层,使得所述凹槽内的第二缓冲层中形成有空洞,由于所述空洞的存在,后续形成的氮化镓层中的位错被吸收(dislocation trapping),从而降低了氮化镓层的位错密度(dislocation density),释放了氮化镓层中的应力,由此可形成缺陷较少、高质量的氮化镓层。

附图说明

[0021] 图 1 是一种现有技术的发光二极管的剖面结构示意图。

[0022] 图 2 是本发明的氮化镓衬底材料的制造方法的流程图。

[0023] 图 3 到图 8 是本发明的氮化镓衬底材料的制造方法的各步骤示意图。

[0024] 图 9 是本发明的凹槽的俯视图。

[0025] 图 10 是本发明的氮化镓衬底材料的制造方法形成空洞步骤的放大示意图。

具体实施方式

[0026] 本发明的核心思想在于,通过在所述第一缓冲层邻近第二缓冲层的表面形成有多个凹槽,之后在所述第一缓冲层上形成第二缓冲层,使得所述凹槽内的第二缓冲层中形成

有空洞,由于所述空洞的存在,后续形成的氮化镓层中的位错被吸收,从而降低了氮化镓层的位错密度,释放了氮化镓层中的应力,由此可形成缺陷较少、高质量的氮化镓层。

[0027] 请参阅图2,其为本发明的氮化镓衬底材料的制造方法的流程图。所述氮化镓衬底材料的制造方法包括以下步骤:

[0028] 步骤 S10 :提供一衬底;

[0029] 步骤 S20 :在所述衬底上形成第一缓冲层;

[0030] 步骤 S30 :刻蚀所述第一缓冲层,使所述第一缓冲层表面形成多个凹槽;

[0031] 步骤 S40 :形成第二缓冲层,所述第二缓冲层覆盖所述第一缓冲层具有凹槽一侧的表面,使得所述凹槽内的第二缓冲层中形成有空洞;

[0032] 步骤 S50 :在所述第二缓冲层上形成氮化镓层;

[0033] 步骤 S60 :去除所述衬底、第一缓冲层和第二缓冲层。

[0034] 下面结合图3到图8,详细说明本发明的氮化镓衬底材料的制造方法。

[0035] 如图3所示,首先,提供一衬底100。所述衬底100的材料可以为蓝宝石、碳化硅(SiC)、硅、氧化锌(ZnO)、砷化镓(GaAs)、尖晶石(MgAl₂O₄),以及晶格常数接近氮化物半导体的单晶氮化物。优选的,所述衬底100为蓝宝石衬底或者硅衬底。在形成第一缓冲层110之前,可先在所述衬底100上生长一层氮化铝层101。

[0036] 如图4所示,接着,在所述衬底100(本实施例中是氮化铝层101)上形成第一缓冲层110。所述第一缓冲层110可以采用现有技术的制造方法形成,如采用金属有机化合物化学气相沉积的方法形成。

[0037] 在本实施例中,形成所述第一缓冲层110的步骤中,腔室压力例如为100~600Torr,温度为500~800°C,所述第一缓冲层110的厚度例如为1~10 μm。由于所述衬底100与第一缓冲层110之间存在很大的晶格失配(lattice mismatch)和热胀失配,所以不可避免地会在第一缓冲层110中引入大量的位错(dislocation)111。

[0038] 如图5所示,然后,采用无掩膜感应耦合等离子反应刻蚀的方式刻蚀所述第一缓冲层110,由于第一缓冲层110具有位错的区域刻蚀速率较快,而无位错区域刻蚀速率相对较慢,因此在所述第一缓冲层110的表面形成多个凹槽110a。

[0039] 在本实施例中,在刻蚀过程中,刻蚀气体例如为三氯化硼(BCl₃)和氯气(Cl₂)的混合物,腔室气压为5~100mTorr,底板功率为200到400瓦,线圈功率为100到200瓦,三氯化硼的流量为5~50sccm,氯气的流量为10~100sccm。优选地,如图6和图9所示,所述凹槽110a的高宽比大于或等于1.2:1,所述凹槽110a的高度(本实施例中是指最大高度)H为1~3 μm,所述凹槽110a的宽度W为1~2 μm,所述凹槽110a的长度L为1~10 μm。所述凹槽110a的密度大于或等于10⁸/cm²,每个凹槽110a内可形成有一个空洞121,相应的,空洞121的密度也大于或等于10⁸/cm²,外延层线性位错的密度至少可以降低至10⁷/cm²以下。

[0040] 如图6所示,在所述第一缓冲层110上形成凹槽110a之后,在所述第一缓冲层110具有凹槽110a的一侧表面形成第二缓冲层120,所述第二缓冲层120可以采用现有技术的制造方法形成,如采用金属有机化合物化学气相沉积的方法形成。结合图10所示,由于沉积工艺的特性所致,在形成所述第二缓冲层120的过程中,凹槽中心位置无法完全填充到(凹槽侧壁附近相对容易覆盖上第二缓冲层),随着第二缓冲层的逐步沉积,其中心形成

了空洞而顶部逐渐趋于平缓,直至最终形成了顶部平滑而中心位置具有空洞的第二缓冲层120。

[0041] 其中,所述第一缓冲层110和第二缓冲层120的厚度通常为数百至上万埃,材料通常为氮化镓或者氮化铝(AlN)。优选的,当所述衬底100为蓝宝石衬底时,所述第一缓冲层110和第二缓冲层120均为低温条件下生长的氮化镓(LT GaN)层;当所述衬底100为硅衬底时,所述第一缓冲层110和第二缓冲层120均为氮化铝层;再或者,当所述衬底100为硅衬底时,先在所述衬底100上生长一层氮化铝层101,然后在所述氮化铝层101上形成第一缓冲层110和第二缓冲层120,所述第一缓冲层110和第二缓冲层120均选用低温条件下生长的氮化镓。在形成所述第二缓冲层120的过程中,使得填充在所述凹槽110a内的第二缓冲层120中必然形成了空洞121。

[0042] 如图7所示,形成所述第二缓冲层120之后,在所述第二缓冲层120上形成氮化镓层130。由于所述空洞121的存在,氮化镓层130中的线性位错被终止于这些空洞,即氮化镓层130中的位错被吸收,从而降低了氮化镓层130的位错密度,释放了氮化镓层130中的应力,由此可形成缺陷较少的氮化镓层。

[0043] 在本实施例中,可利用金属有机化合物化学气相沉积(MOCVD)的方式在缓冲层110上形成氮化镓层130。其中,所述MOCVD工艺可采用较高的温度以及较低的腔室压力,以加快MOCVD工艺的沉积速率,进而提高生产效率。例如,所述MOCVD工艺的温度为800~1400℃,腔室压力为400~760torr,沉积速率可大于10μm/hour。优选地,所述氮化镓层130的厚度为100μm~10cm。

[0044] 如图8所示,在所述第二缓冲层120上形成氮化镓层130之后,可直接去除衬底100、第一缓冲层110和第二缓冲层120,而仅保留缺陷少、高质量的氮化镓层130。所述氮化镓层130可用作衬底材料,用于制造发光二极管等器件。

[0045] 本实施例中,去除步骤可分两步进行:首先,可利用激光剥离(laser lift-off)或湿法刻蚀的方式去除衬底100,所述激光剥离工艺聚焦到某一界面,利用高温将聚焦处的材料融化,从而将衬底100剥离掉,所述湿法刻蚀工艺采用的刻蚀液体为硫酸和磷酸混合液;接着,可利用研磨的方式去除第一缓冲层110和第二缓冲层120,从而仅仅保留了缺陷少、高质量的氮化镓层;当然,在本发明其它具体实施例中,也可利用激光剥离或湿法刻蚀的方式先去除衬底100和部分缓冲层,然后再去除剩余的缓冲层。

[0046] 在不偏离本发明的精神和范围的情况下还可以构成许多有很大差别的实施例。应当理解,除了如所附的权利要求所限定的,本发明并不限于在说明书中所述的具体实施例。

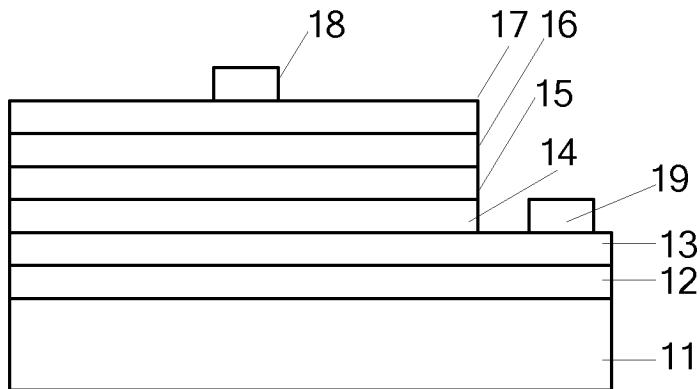


图 1

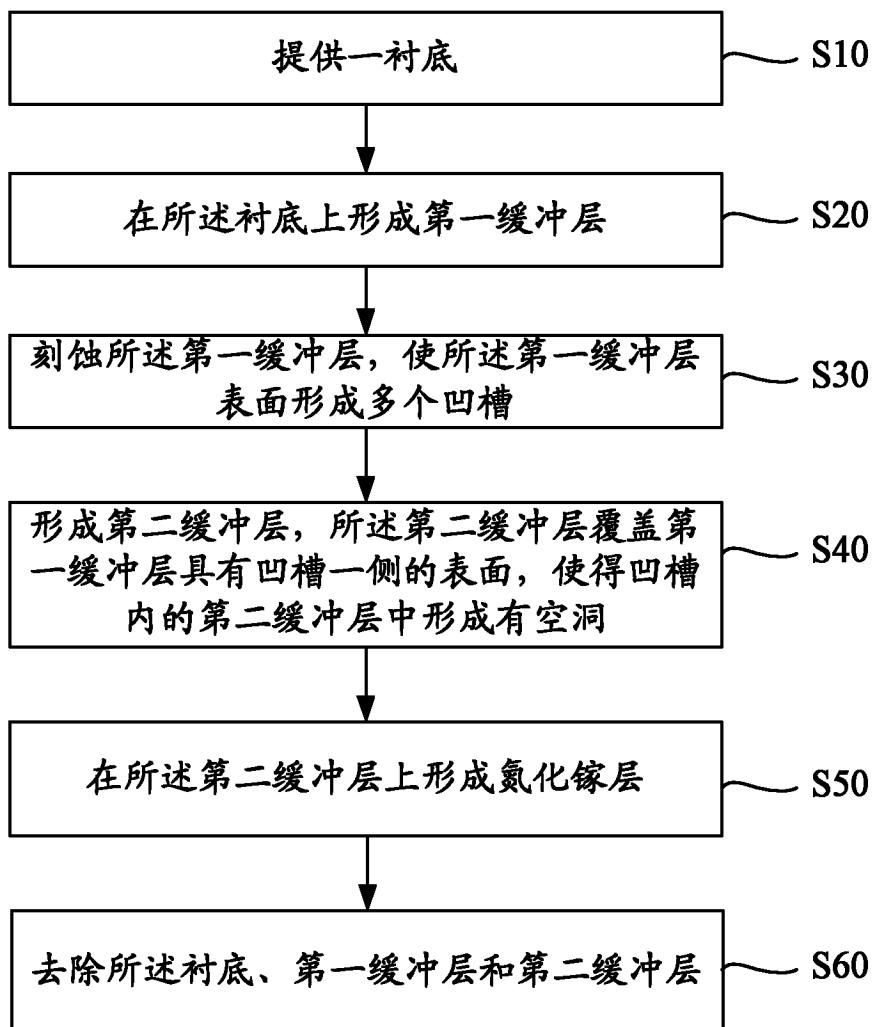


图 2

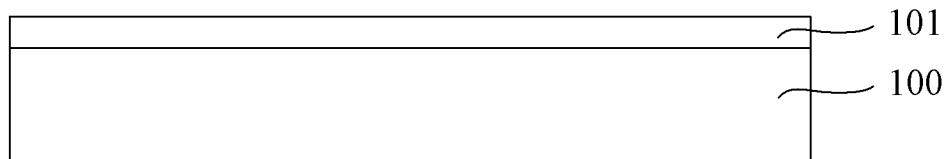


图 3

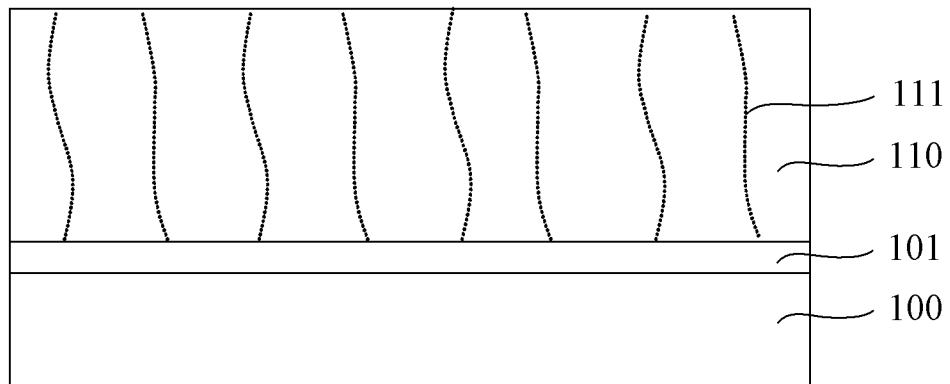


图 4

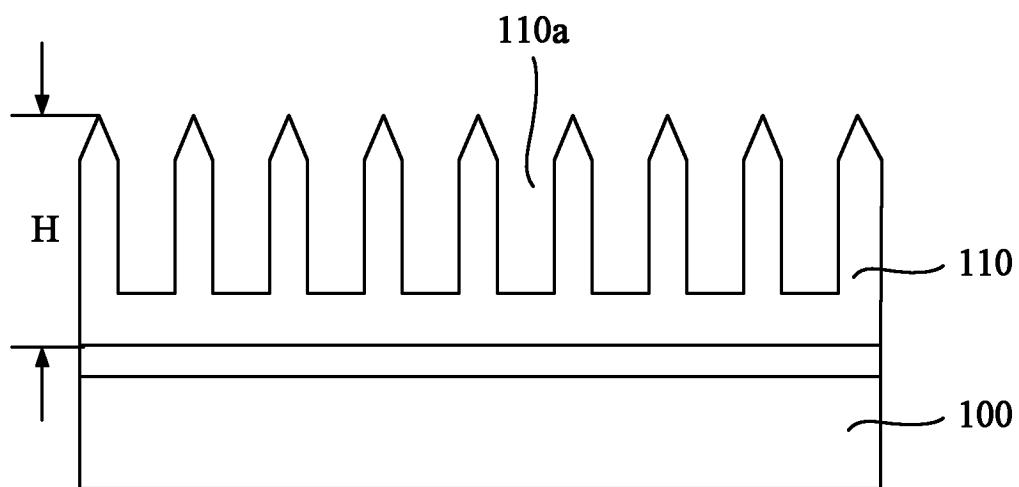


图 5

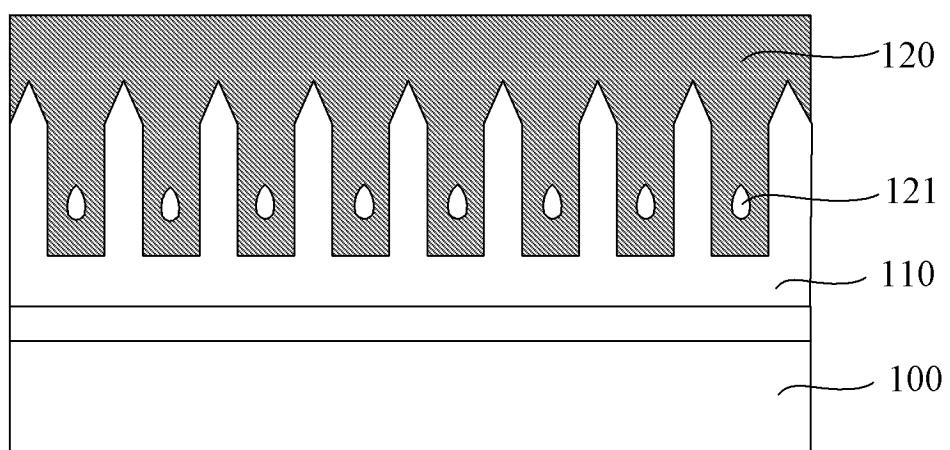


图 6

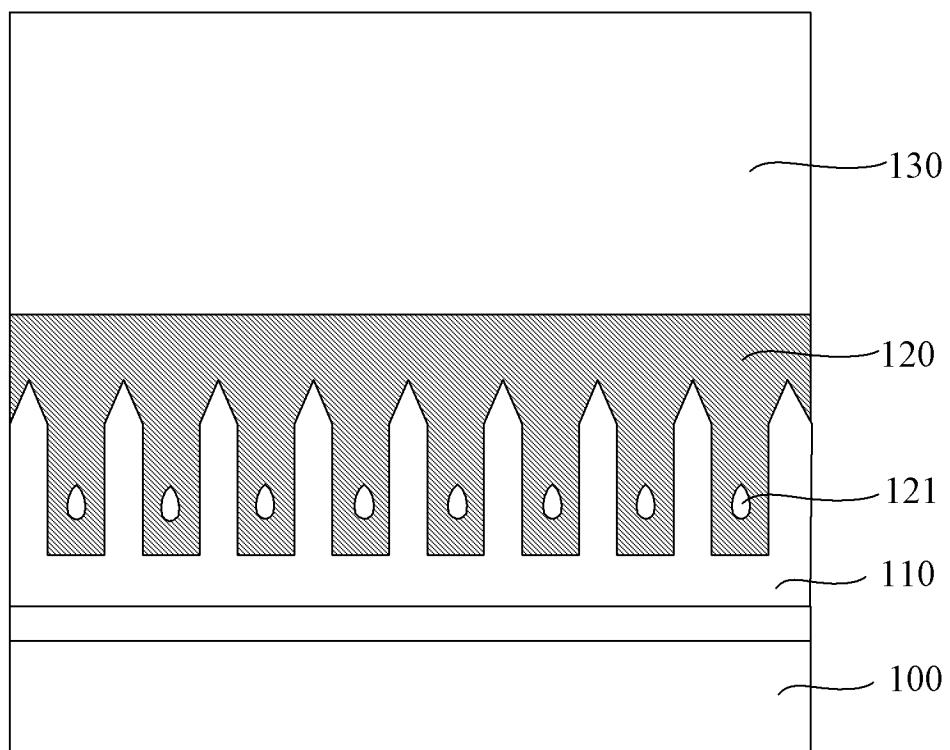


图 7

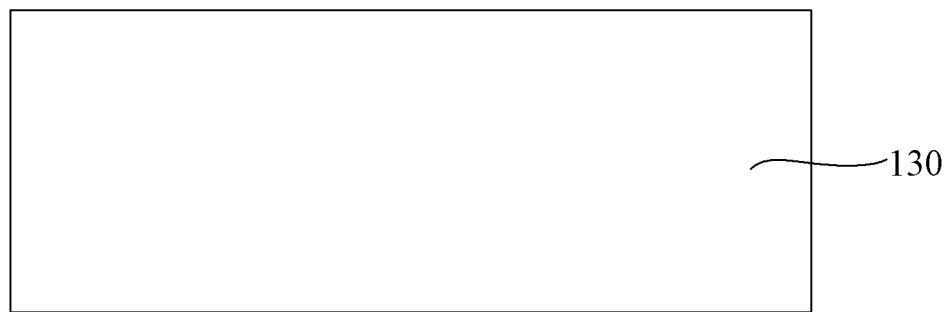


图 8

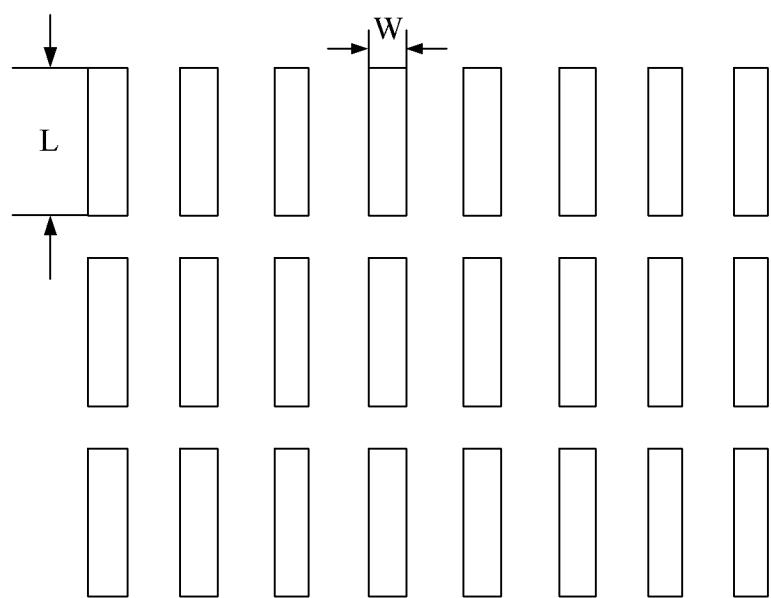


图 9

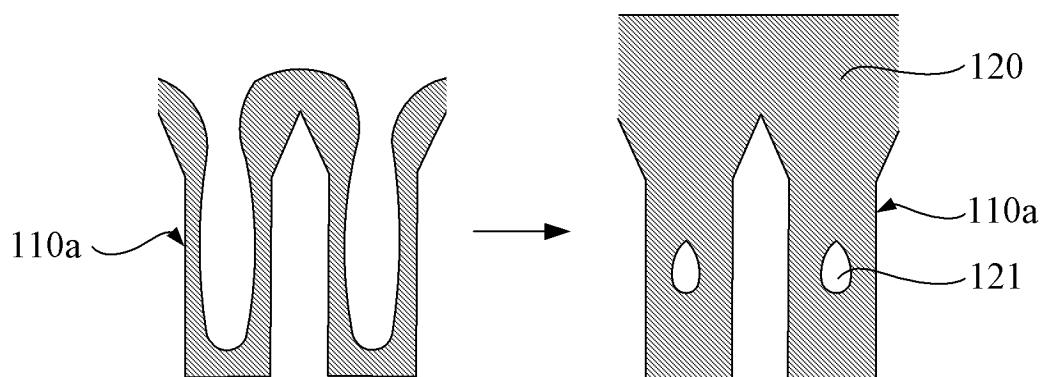


图 10